



TUGAS AKHIR - RC1501

REDESAIN BENDUNG GERAK SEMBAYAT DENGAN MENGGUNAKAN PINTU RADIAL

FAJRY WIDYANTO
NRP 3110 100 010

Dosen Pembimbing
Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., MSc

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



TUGAS AKHIR - RC09 1380

REDESAIN BENDUNG GERAK SEMBAYAT DENGAN MENGGUNAKAN PINTU RADIAL

FAJRY WIDYANTO
NRP 3110 100 010

Dosen Pembimbing
Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., MSc

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

REDESIGN SEMBAYAT BARRAGE USING RADIAL GATE

Student's Name : Fajry Widyanto
Student's Identity Number : 3110100010
Major Department : Civil Engineering ITS
Supervisor : Dr. Techn. Umboro Lasmino,ST.,MSc

ABSTRACT

Sembayat Barrage be located in region Bengawan Solo river in the direction of $110^{\circ} 18'$ to $112^{\circ} 45'$ east longitude and $6^{\circ} 49'$ to $8^{\circ} 08'$ south latitude which is still under construction located in the Village of Sembayat Gresik East Java Province by using a vertical gate desain (sluice gate). with annual Q_{50} Amounting to $2350 \text{ m}^3 / \text{sec}$ Barrage was built to overcome floods and dryness.

Metode to redesigning wire gate the cross section of the river and the barrage gate using Chezy and Manning formula, the addition of the cross-sectional structure of the river by using HEC- RAS and determine the number of gate weir, weir gate dimensions and materials weir gate.

Final project result gate totaled 9 piece size $h = 6$ meters and $b = 15$ meters with using standard steel material SM490Y the gate arm and gate.

Key Words: Sembayat Barrage, Radial Gate

LEMBAR PENGESAHAN

REDESAIN BENDUNG GERAK SEMBAYAT MENGGUNAKAN PINTU RADIAL

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

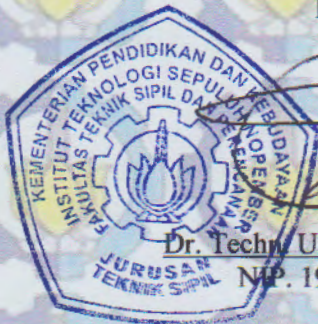
Bidang Studi Hidroteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FAJRY WIDYANTO
NRP. 3110 100 010

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Pembimbing 1



Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST, MSc.
NRP. 197212021998021001

Surabaya,

Januari 2015

REDESAIN BENDUNG GERAK SEMBAYAT DENGAN MENGGUNAKAN PINTU RADIAL

Nama : Fajry Widyanto
NRP : 3110100010
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Dr.Techn.Umboro Lasminto,ST.,MSc.

ABSTRAK

Bendung gerak Sembayat berada di wilayah sungai Bengawan Solo terletak pada $110^{\circ} 18'$ sampai $112^{\circ} 45'$ bujur timur dan $6^{\circ} 49'$ sampai $8^{\circ} 08'$ lintang selatan yang masih dalam tahap pembangunan dan terletak di Desa Sembayat Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan desain pintu vertikal (pintu Sluice) dengan $Q50$ tahunan sebesar $2350\text{m}^3/\text{detik}$. Bendung gerak dibangun untuk mengatasi banjir dan kekeringan.

Metode yang digunakan untuk mendesain ulang pintu air agar tidak terjadi banjir dan kekeringan dengan menggunakan rumus Chezy dan Manning, dan penambahan struktur bangunan pada penampang sungai dengan menggunakan HEC-RAS dan menentukan jumlah pintu bendung, dimensi pintu bendung dan material pintu bendung.

Hasil tugas akhir ini didapatkan hasil pintu berjumlah 9 berukuran $h = 6$ meter dan $b = 15$

meter dengan menggunakan material baja standar SM490Y pada lengan pintu dan daun pintu.

Kata kunci : Bendung Gerak Sembayat , Pintu Radial

REDESIGN SEMBAYAT BARRAGE USING RADIAL GATE

Student's Name : Fajry Widyanto
Student's Identity Number : 3110100010
Major Department : Civil Engineering ITS
Supervisor : Dr. Techn. Umboro Lasmino,ST.,MSc

ABSTRACT

Sembayat Barrage be located in region Bengawan Solo river in the direction of $110^{\circ} 18'$ to $112^{\circ} 45'$ east longitude and $6^{\circ} 49'$ to $8^{\circ} 08'$ south latitude which is still under construction located in the Village of Sembayat Gresik East Java Province by using a vertical gate desain (sluice gate). with annual Q_{50} Amounting to $2350 \text{ m}^3 / \text{sec}$ Barrage was built to overcome floods and dryness.

Metode to redesigning wire gate the cross section of the river and the barrage gate using Chezy and Manning formula, the addition of the cross-sectional structure of the river by using HEC- RAS and determine the number of gate weir, weir gate dimensions and materials weir gate.

Final project result gate totaled 9 piece size $h = 6$ meters and $b = 15$ meters with using standard steel material SM490Y the gate arm and gate.

Key Words: Sembayat Barrage, Radial Gate

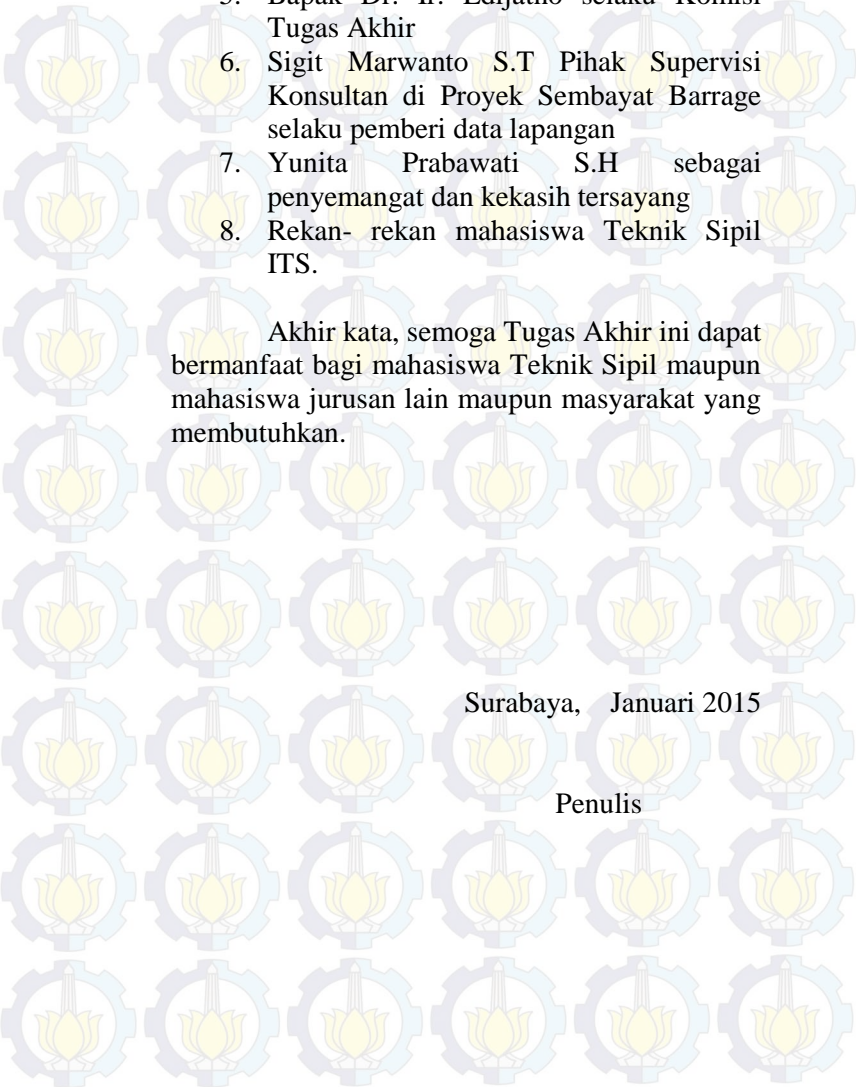
KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT. karena atas rahmat dan karunia-Nya Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.

Tugas Akhir ini adalah salah satu kewajiban dan syarat untuk kelulusan sarjana Strata 1 dibidang Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).

Penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak bisa mengerjakannya sendiri, banyak bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, ijinkan penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga saya terutama ayah saya Ir.Eko Subekti, Dipl.HE , Ibu saya Afina Merda Pitaloka, SPsi, nenek saya Masadah Mahier dan adik-adik saya Fadhly Wicaksono dan Fatika Wardani
2. Bapak Umboro Lasminto, ST, MT, Dr, Techn, selaku Dosen Pembimbing untuk Tugas Akhir ini.
3. Bapak Budi Suswanto, ST, MT, PhD, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS
4. Bapak Pujo Aji ST, MT, Dr, Techn selaku Sekjur Teknik Sipil FTSP-ITS

- 
5. Bapak Dr. Ir. Edijatno selaku Komisi Tugas Akhir
 6. Sigit Marwanto S.T Pihak Supervisi Konsultan di Proyek Sembayat Barrage selaku pemberi data lapangan
 7. Yunita Prabawati S.H sebagai penyemangat dan kekasih tersayang
 8. Rekan- rekan mahasiswa Teknik Sipil ITS.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Sipil maupun mahasiswa jurusan lain maupun masyarakat yang membutuhkan.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang Masalah.....	1
1.2	Perumusan Masalah.....	3
1.3	Tujuan	3
1.4	Manfaat	3
1.5	Batasan Masalah	4
1.6	Lokasi Proyek	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Studi Awal.....	7
-----	-----------------	---

2.2	Desain Banjir Rencana	7
2.3	Pengertian Bendung Gerak	8
2.4	Desain Asli Bendung Gerak Sembayat	8
2.5	Pengertian Pintu Radial	9
2.5.1	Bagian-Bagian Pintu Radial	10
2.6	Teori Aliran	11
2.6.1	Limpasan Diatas Ambang	11
2.6.2	Aliran Bawah Pintu	13
2.7	Teori Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	14
2.8	Dasar-Dasar Perencanaan Bendung Gerak.....	14
2.8.1	Konstruksi dan Dimensi Bendung	14
2.8.2	Lebar Bendung	15
2.8.3	Kolam Olak	16
2.8.3.1	Kolam Olak Tipe USBR	21
2.9	Teori Aliran Melalui Pintu	23
2.9.1	Contoh Perhitungan Resultan Gaya Pada Pintu	23
2.9.2	Pembebasan Pada Lengan Pintu	25
2.10	Perhitungan Gaya Angkat Pintu (<i>Uplift</i>)	26
2.11	Analisa Stabilitas Bendung	27
2.11.1	Gaya Akibat Berat Bendung	28

2.11.2	Gaya Akibat Gempa	28
2.11.3	<i>Uplift Pressure</i>	29
2.11.4	Gaya Akibat Tekan Bawah Tanah Aktif dan Pasif	29
2.11.5	Akibat Tekanan Hidrostatik.....	30
2.11.6	Gaya Akibat Tekanan Lumpur	30
2.11.7	Kontrol Stabilitas Bendung	30
2.12	Merencanakan Tinggi Muka Air	32
2.12.1	Data	32
2.12.2	Titik Awal Perhitungan	33
2.12.3	Rumus Perhitungan	33

BAB III METODOLOGI

3.1	Tinjauan Umum	37
3.2	Langkah Yang Dilakukan.....	37
3.2.1	Survey Pada Data Proyek	37
3.2.2	Studi Literatur	37
3.2.3	Pengumpulan Data	37
3.2.4	Analisa dan Proses Perhitungan	38
3.3	Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir	39

BAB IV PERENCANAAN BENDUNG GERAK

4.1	Pendahuluan Perencanaan	41
4.2	Pengertian Perencanaan Bendung Gerak.....	41
4.3	Perhitungan <i>Main Channel Capacity</i>	41
4.3.1	Aliran Melalui Penampang	45
4.3.1.1	Rumus Chezy	45
4.4	Kapasitas Aliran Sungai	47
4.4.1	Perencanaan <i>Floodway</i>	47
4.5	Penentuan Lebar Efektif Bendung	49
4.6	Aliran Lewat Bawah Pintu	51
4.7	Kolam Peredam Energi	54
4.7.1	Perhitungan Panjang Loncatan	55
4.8	Pengecekan Kapasitas Penampang Saluran Menggunakan HEC-RAS.....	58
4.8.1	Sungai Tanpa Bendung	58
4.8.2	Sungai Menggunakan Bendung.....	72
4.8.2.1	Simulasi Buka dan Pintu dalam Kondisi <i>Main Channel</i>	74

4.8.2.2 Simulasi Buka-an Pintu dalam Kondisi

Banjir	92
4.8.3 Kesimpulan Data HEC-RAS	101
4.9 Pembebanan dan Pemilihan Material	105
4.9.1 Beban Normal	105
4.9.2 <i>Horizontal Load</i> Saat Gempa	107
4.9.3 <i>Vertical Load</i> Saat Gempa	108
4.9.4 Momen Reaksi Force dan Defleksi	109
4.9.5 Pemilihan Material Baja.....	109
4.10 Gaya Yang Pada Frame Pintu.....	114
4.10.1 <i>Upper dan Lower Main Frame</i>	114
4.11 Perhitungan Beban Sambungan Antara Lengan	123

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	125
5.2 Saran	126
DAFTAR PUSTAKA	127

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
BAB I PENDAHULUAN	
Gambar 1.1 Peta Sungai Bengawan Solo.....	2
Gambar 1.2 Peta Lokasi Menuju Lokasi Proyek.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
Gambar 2.1 Desain Asli Bending Gerak Sembayat	8
Gambar 2.2 Desain Yang Akan Direncanakan Sebagai Tugas Akhir	9
Gambar 2.3 Gambar Pintu Baja Pada Bendung Radial.....	10
Gambar 2.4 Limpasan Diatas Ambang	11
Gambar 2.5 Gaya Aliran Bawah Pintu.....	13
Gambar 2.6 Pilar Pintu.....	15
Gambar 2.7 Lebar Efektif	15
Gambar 2.8 Lompatan Hidrolik.....	17
Gambar 2.9 Tipe Loncatan Hidrolis.....	20
Gambar 2.10 Kolam Olak Tipe USBR II.....	22
Gambar 2.11 Kolam Olak Tipe USBR III.....	22
Gambar 2.12 Kolam Olak Tipe USBR IV	23

Gambar 2.13 Gambar Resultan Yang Bekerja Pada Pintu

Radial 24

Gambar 2.14 Garis Energi Tampang Tunggal 35

BAB III METODOLOGI

Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir..... 39

BAB IV PERENCANAAN BENDUNG GERAK

Gambar 4.1 Peta Situasi Sungai..... 42

Gambar 4.2 Penampang Sungai Yang Direncanakan 44

Gambar 4.3 *Rating Curve* 47

Gambar 4.4 Lebar Efektif Bendung 50

Gambar 4.5 Aliran Bawah Pintu Radial..... 52

Gambar 4.6 Koefisien Cd Pintu Radial..... 53

Gambar 4.7 Grafik Kolam Olakan 56

Gambar 4.8 Grafik Panjang Loncatan..... 57

Gambar 4.9 Penampang Sungai 58

Gambar 4.10 Geometri Sembayat..... 59

Gambar 4.11 *Q bankfull* tanpa bendung titik 37 59

Gambar 4.12 *Q bankfull* tanpa bendung titik 0 60

Gambar 4.13	Q banjir tanpa bendung titik 37.....	60
Gambar 4.14	Q banjir tanpa bendung titik 0.....	61
Gambar 4.15	Q <i>bankfull</i> tanpa bendung.....	61
Gambar 4.16	Q banjir tanpa bendung	62
Gambar 4.17	<i>Inline Structure</i>	72
Gambar 4.18	Penomoran Pintu	73
Gambar 4.19	Q <i>bankfull</i> menggunakan bendung 9 pintu.....	74
Gambar 4.20	Beda Elevasi Hulu dan Hilir menggunakan bendung.....	75
Gambar 4.21	Q <i>main</i> berbendung	101
Gambar 4.22	Q <i>main</i> tanpa bendung.....	102
Gambar 4.23	Q banjir berbendung.....	103
Gambar 4.24	Q banjir tanpa bendung	103
Gambar 4.25	Dimensi Pintu.....	105
Gambar 4.26	Dimensi <i>Main Frame</i>	114
Gambar 4.27	Gaya Bending Momen	121
Gambar 4.28	<i>Shering Force</i>	121
Gambar 4.29	<i>Comprasive Force</i>	122
Gambar 4.30	Dimensi Lengan Pintu.....	123

DAFTAR TABEL

	Halaman
BAB IV PERENCANAAN BENDUNG GERAK	
Tabel 4.1 Koefisien Pilar dan Pangkal Tembok	50
Tabel 4.2 Data Tanpa Bendung	71
Tabel 4.3 Data #1 - #5 Dibuka	82
Tabel 4.4 Data #4 dan #5 Dibuka	91
Tabel 4.5 Data Semua Pintu Dibuka	100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Desa Sidomukti terletak di Provinsi Jawa Timur tepatnya di Kabupaten Gresik. Sebagian besar penduduknya bekerja sebagai buruh tani. Seperti yang kita ketahui, bahwa para buruh tani sangat membutuhkan air bersih baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam pertanian. Sulitnya pasokan air baku dapat menghambat siklus pertanian.

Pembangunan bendung di daerah Sembayat Sidomukti mempunyai peranan penting, bahwa penyediaan air bersih (*fresh water*) untuk memenuhi kebutuhan akan air baku penduduk di sekitar daerah Sembayat Sidomukti, adalah suatu keharusan sehingga diharapkan warga akan menggunakan sarana tersebut.

Lancar atau tidaknya pasokan air akan membawa dampak pada hasil pertanian dan tambak, yang sebagian besar warga bekerja sebagai petani, dan akan membawa dampak yang cukup besar terhadap kehidupan masyarakat.

Pembangunan Bendung Gerak Sembayat Gresik, Jawa Timur ini diharapkan dapat membawa kemajuan di berbagai bidang terutama dalam hal pertanian, sehingga pemerintah senantiasa dapat meningkatkan hasil pangan dari waktu ke waktu. Mengingat negara kita sebagai negara agraris maka perlu kita tingkatkan sistem pengadaan pangan dengan melalui upaya memperbaiki sistem sumber daya air.



Gambar 1.1 Peta Sungai Bengawan solo

Proyek ini bertujuan untuk meningkatkan pasokan air baku yang stabil untuk rumah tangga, industri, irigasi dan budidaya ikan, termasuk pada musim kemarau. *Barrage* (bendung pintu gerak) adalah struktur utama untuk pasokan air ke daerah yang paling hilir, Kota Gresik dan daerah utara Kabupaten Gresik.

Redesain dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik terutama dalam pengurangan gaya gesek yang terjadi, serta mengurangi endapan sedimen dasar bendung dengan merubah lebar pintu dan tipe pintu ke *radial gate*.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari tugas akhir yang akan diangkat adalah sebagai berikut :

1. Berapa debit rencana dan elevasi permukaan air rencana Bendung Sembayat
2. Bagaimana desain pintu eksisting Bendung Sembayat
3. Bagaimana desain pintu radial Bendung Gerak Sembayat
4. Perencanaan pola operasi pintu

1.3 Tujuan

Proyek pembangunan Bendung Gerak sembayat sebagai konstuksi pembendung, penampung dan pengatur tinggi muka air, dengan adanya proposal tugas akhir ini diharapkan menghasilkan banyak manfaat sesuai dengan maksud dan tujuannya yaitu :

1. Mengetahui mengetahui debit rencana elevasi permukaan air bendung sembayat
2. Mendesain dimensi pintu eksisting bendung
3. Mengetahui bagian-bagian yang menerima gaya akibat tekanan air
4. Memperoleh desain pintu radial Bendung Gerak Sembayat

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi penulis, sebagai syarat pengajuan Tugas Akhir bidang hidroteknik Jurusan Teknik Sipil
2. Bagi pembaca, sebagai referensi dalam perencanaan *barrage* dengan pintu radial.

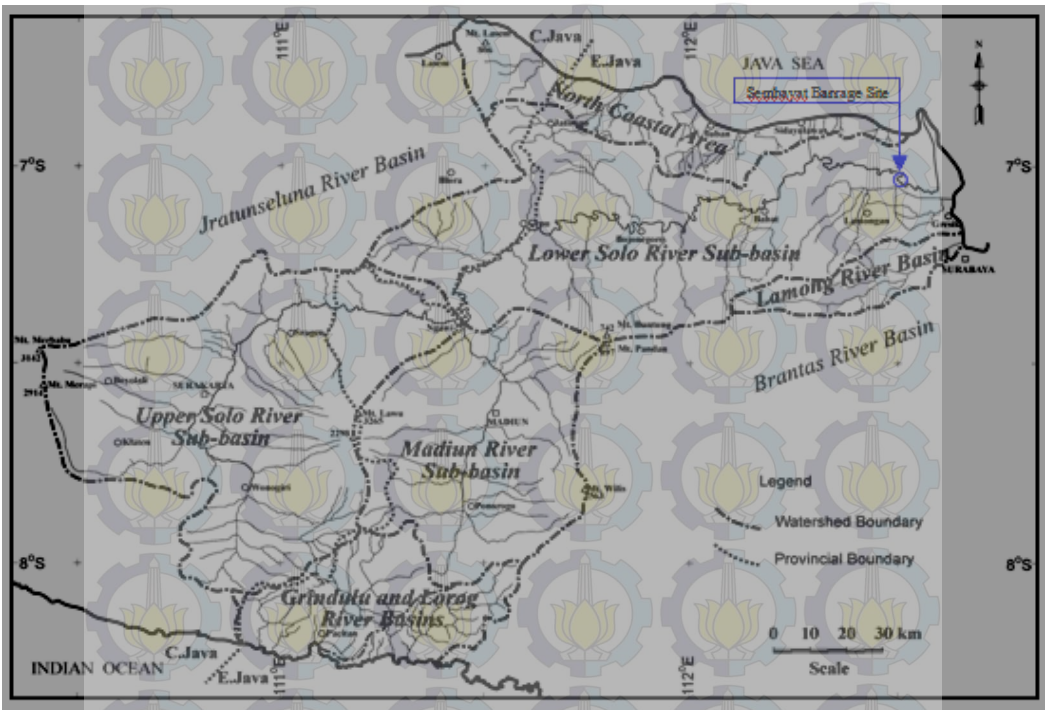
1.5 Batasan Masalah

Dalam laporan tugas akhir ini tidak seluruh aspek diproyek bisa ditinjau. Ada pun yang di tinjau dalam laporan tugas akhir ini dititik beratkan dalam hal rencana pelaksanaan pembanguna bendung yang tidak dikaitkan dengan sistem dewateringnya juga antara lain sebagai berikut :

1. Tidak membahas Data hidrologi
2. Tidak membahas Data Soil
3. Tidak membahas saluaran untuk irigasi
4. Tidak membahas RAB
5. Tidak menghitung bagaian dari bendung kecuali pintu bendung dan pilar
6. Tidak ada tahap pelaksanaan pembangunan bendung gerak sembayat.

1.6 Lokasi Proyek

Lokasi proyek berada di Wilayah Sungai Bengawan Solo terletak pada $110^{\circ} 18'$ to $112^{\circ} 45'$ bujur timur dan $6^{\circ} 49'$ to $8^{\circ} 08'$ lintang selatan. Cekungan ini dibagi menjadi dua mencapai utama, *Upper Solo* dan cekungan Bawah Sungai Bengawan Solo, pada pertemuan Sungai Madiun dan Sungai Bengawan Solo dekat kota Ngawi seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.2.



Gambar 1.2 Peta lokasi Wilayah Sungai Bengawan Solo



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Awal

Dalam perencanaan awal Bendung gerak Sembayat a tipe pintu yang digunakan adalah *vertical gate lift*, Konsultan perencana NIPPON KOIE telah melakukan perhitungan, dengan periode ulang 50 tahun sebesar 2.530 m³/dtk.

DATA TEKNIS SEBELUMNYA

Gate type	: <i>Vertical fixed roller gate with flap</i>
Jumlah Pintu	: 7
Bentang tiap Pintu	: 20.0 m
Bentang Total	: 140.0 m
Tinggi Pintu	: 6.3 m
<i>Design Flood Discharge (Q₅₀)</i>	: 2,530 m ³ /sec
<i>Design Flood Water Level</i>	: EL. +4.10m
<i>Full Supply Water Level</i>	: EL. +0.70m
<i>Low Water Level</i>	: EL. -1.10m
<i>Minimum Operation Level</i>	: EL. -0.35m

(Sumber : bbws bengawan solo)

2.2 Desain Banjir Rencana

Desain banjir rencana diperkirakan dengan periode ulang 50 tahun sebesar (2,530 m³/s) sesuai data Departemen Pekerjaan Umum Sember Daya Air .

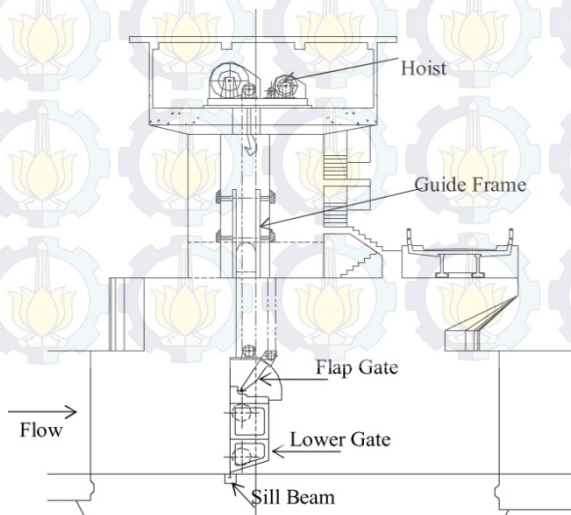
2.3 Pengertian Bendung Gerak

Bendung ini dapat dipergunakan untuk mengatur tinggi dan debit air sungai dengan pembukaan pintu-pintu yang terdapat pada bendung tersebut. Penggunaan bendung gerak dapat dipertimbangkan jika:

1. Kemiringan dasar sungai kecil / relatif datar.
2. Peninggian dasar sungai akibat konstruksi bendung tetap tidak dapat pakai karena akan mempersulit pengaliran saat banjir air atau membahayakan pekerjaan sungai yang telah ada dari akibat meningginya muka air.
3. Debit tidak dapat di lewatkan dengan aman dengan bendung tetap.
4. Dapat mengangkat pasir dan kerikil sampai ukuran 64 mm.

2.4 Desain Asli Bendung Gerak Sembayat

Bendung Gerak Sembayat saat ini masih dalam proses pembangunan, desain yang digunakan menggunakan pintu vertikal adapun desain yang didapat adalah seperti gambar dibawah:



(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Sember Daya Air)

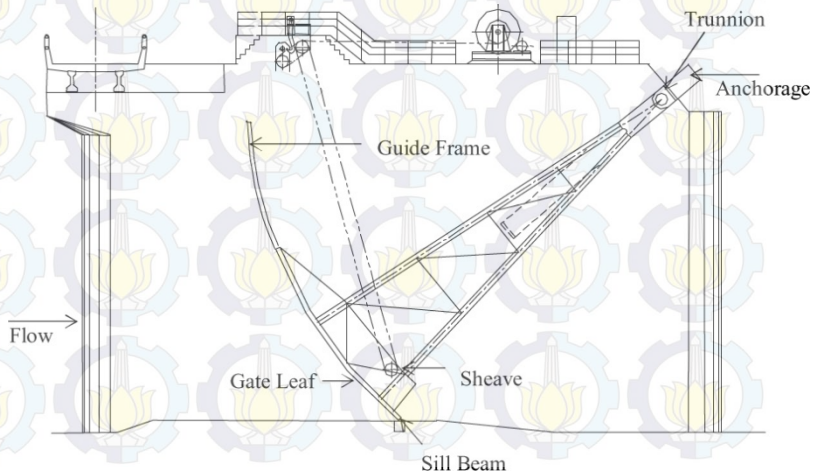
Gambar 2.1 Desain asli bendung gerak sembayat

2.5 Pengertian Pintu Radial

Radial gates adalah bagian yang dapat berputar (*rotary*) terdiri dari bagian berbentuk silindris. Bangunan ini dapat berputar secara vertikal maupun horizontal. Salah satu jenisnya adalah *tainter gates*. *Tainter gates* didisain untuk dapat mengangkat daun pintu ke atas dan mengalirkan air lewat di bawahnya. Bangunan ini dapat menutup sendiri berdasarkan beratnya.

Kelebihan dari penggunaan pintu radial adalah:

1. gesekan pada bangunan ini jarang terjadi
2. bagian alat untuk mengangkatnya ringan dan mudah dieksploitasi
3. pintu ini dipasang di bukaan yang lebar
4. bangunan ini dapat melewati sedimen dasar maupun sedimen layang



(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Sumber Daya Air)

Gambar 2.2 Desain yang akan direncanakan sebagai tugas akhir

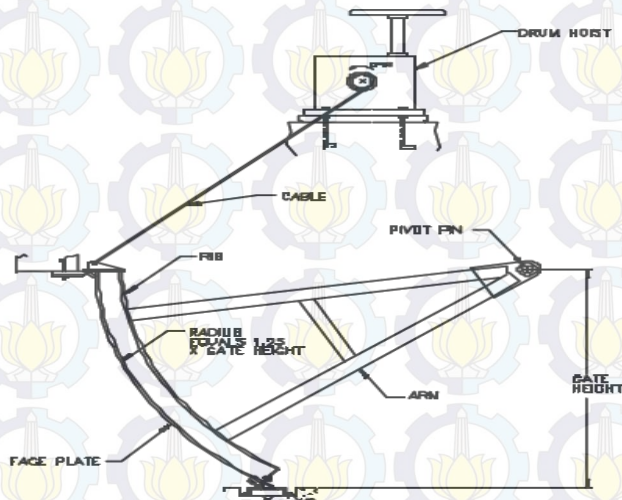
2.5.1 Bagian-Bagian Pintu Radial

Pintu Radial terdiri dari beberapa komponen, sebagai berikut:

1. Penampang Pintu

Pelat muka secara akurat akan direncanakan melengkung pada radius yang dibutuhkan ke titik poros yang telah direncanakan. Plat pintu ditopang di sepanjang bagian belakang dengan tulang rusuk vertical untuk menstabilkan pelat muka dan kekakuan dengan gaya dukungan horizontal balok sepanjang total lebar pelat.

Gaya Horizontal dukungan balok bervariasi dalam ukuran dengan lebar gerbang dan puncak elevasi maksimum air. Mereka mentransfer tekanan dari pelat muka dengan lengan radial.



(Sumber : Ven Te Chow , Ph.D, (1985), “Hidrolika Saluran Terbuka”),

Gambar 2.3 Gambar pintu Baja Pada Bendung Radial

2. Lengan pintu radial

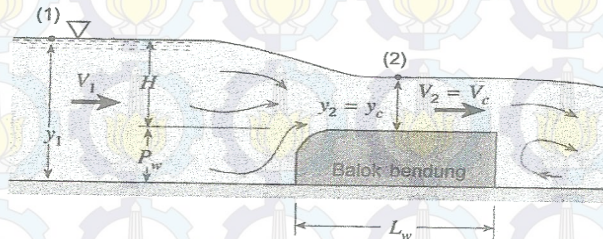
Bertindak sebagai lengan yang mentransfer gaya dari daun pintu radial.

2.6 Teori Aliran

Dalam hidrolika terdapat macam-macam jenis aliran disini akan dijelaskan dasar dari sebuah jenis aliran beserta rumus sebagai berikut:

2.6.1 Limpasan Diatas Ambang

Salah satu contoh limpasan diatas ambang adalah bendung berpuncak lebar dan meletakkan suatu struktur didalam sungai.



(Sumber : Ven Te Chow , Ph.D, (1985), "Hidrolika Saluran Terbuka") ,
Gambar 2.4 Limpasan Diatas Ambang

Persamaan Bernoulli dapat diterapkan antara titik (1) di hulu dari bendung dan titik (2) diatas bendung dimana aliran kritis sehingga diperoleh:

$$H + Pw + \frac{V_1^2}{2g} = y_c + Pw + \frac{V_c^2}{2g} \dots\dots\dots (2.1)$$

Atau jika *head* kecepatan hulu dapat diabaikan

$$H - yc = \frac{(V^2c - V^21)}{2g} = \frac{V^2c}{2g} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan demikian ,karena $V2 = Vc = (gyc)^{1/2}$ didapatkan bahwa $Vc^2 = gyc$ sehingga kita mendapatkan:

$$H - yc = \frac{yc}{2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Atau

$$yc = \frac{2H}{3} \dots\dots\dots (2.4)$$

Jadi,laju alirannya adalah

$$Q = by2V2 = bycVc = by2V(gyc)^{1/2} \dots\dots\dots (2.5) \\ = b\sqrt{g} yc^{3/2}$$

Atau

$$Q = b\sqrt{g}\left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} H^{3/2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Sebuah koefisien bendung empiris Cwb digunakan untuk memperhitungkan berbagai efek yang belum tercakup dalam analisis yang disederhanakan diatas artinya :

$$Q = Cwb b\sqrt{g}\left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} H^{3/2} \dots\dots\dots (2.7)$$

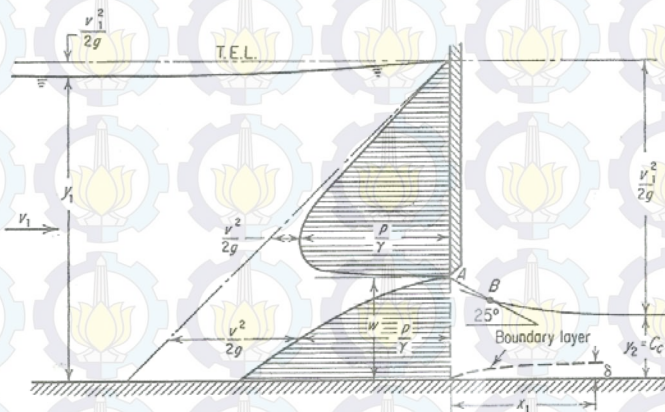
Dimana nilai koefisien bendung berpuncak lebar, C_{wb} , yang biasa < dapat diperoleh dari persamaan:

$$C_{wb} = \frac{0.65}{\left(1 + \frac{H}{P_w}\right)^{1/2}} \dots\dots\dots (2.8)$$

2.6.2 Aliran Bawah Pintu

Aliran bawah berbeda dengan aliran limpasan diatas ambang sebagai berikut:

$$y_1 + \frac{v_1^2}{2gy_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2} \dots\dots\dots (2.9)$$



(Sumber : Ven Te Chow , Ph.D, (1985), "Hidrolika Saluran Terbuka") ,

Gambar 2.5 Gaya Aliran Bawah Pintu

Dari rumus diatas dapat disederhanakan menjadi

$$q = y_1 y_2 \sqrt{\frac{2g}{y_1 + y_2}} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$q = Cc w \sqrt{2gy_1 \frac{y_1}{y_1+y_2}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Menjadi :

$$= Cd w \sqrt{2gy_1} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana

$$Cd = \frac{Cc}{\sqrt{1 + Ccw/y_1}} \dots\dots\dots (2.13)$$

2.7 Teori Perhitungan Debit Banjir Rencana

Untuk menentukan besarnya debit banjir rencana sungai berdasarkan hujan yang terjadi, ditinjau hubungan antara hujan dan aliran sungai. Besarnya aliran yang terjadi pada sungai ditentukan oleh besarnya hujan, intensitas hujan daerah, durasi hujan dan luas daerah aliran sungai. Perhitungan debit banjir rencana dapat dihitung dengan beberapa metode antara lain:

1. *Metode Rasional*
2. *Metode Haspers*
3. *Metode Passing Capacity*
4. *Metode Melchior*
5. *Metode der Weduwen*

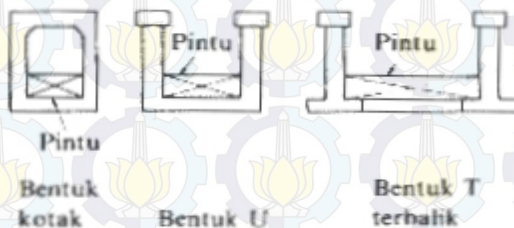
Dari lima cara tersebut salah satunya digunakan berdasarkan dari tingkat kesulitannya, maka dipilihlah metode *passing capacity* karena lebih mudah untuk di aplikasikan, pada penulisan tugas akhir ini tidak di dihitung debit banjir rencananya.

2.8 Dasar –Dasar Perencanaan Bendung Gerak

2.8.1 Konstruksi dan Dimensi Bendung

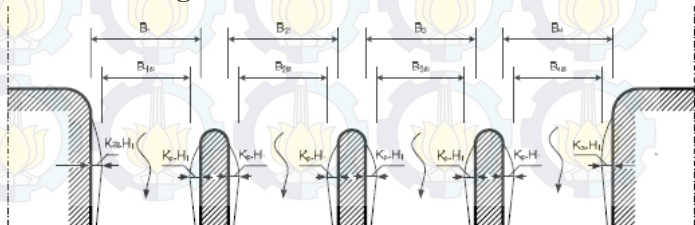
Untuk bendung gerak yang bentangnya kecil biasanya konstruksinya berbentuk “kotak”, untuk bentangan sedang diambil konstruksi bentuk huruf “U” dan untuk bentangan lebar dibangun dengan konstruksi bentuk huruf “T terbalik”. Untuk memilih tipe konstruksi bendung gerak haruslah didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan antara lain, karakteristik lapisan tanah pondasi, harga bendung dan fungsi yang akan dibebankan.

Khusus untuk bendung gerak berpintu banyak, maka perlu pula diperhatikan kemungkinan terjadinya penurunan yang tidak rata akibat lapisan tanah pondasi yang lemah dan kemungkinan diperlukannya sambungan-sambungan.



Gambar 2.6 Pilar Pintu

2.8.2 Lebar Bendung



(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum-KP02,2013)

Gambar 2.7 Lebar Efektif

Jarak antara pangkal-pangkal (*Abutment*) sebaiknya sama dengan lebar rata-rata sungai pada bagian yang stabil. Di bagian ruas bawah sungai, lebar rata-rata ini dapat diambil pada debit penuh (*mainchannel discharge*). Lebar efektif mercu (*Be*) sebagai fungsi dari mercu yang sebenarnya (*B*), yakni jarak antara pangkal-pangkal bendung digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Be = B - 2(n.kp + ka) H1 \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

n = Jumlah pilar

kp = Koefisien kontraksi pilar

ka = Koefisien kontraksi pangkal pilar

H1 = Tinggi energi (m)

Be = Lebar efektif bendung (m)

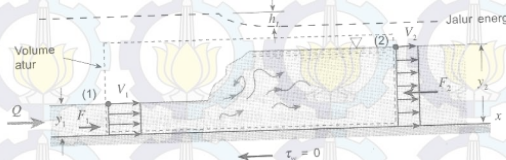
B = Lebar bruto bendung (m)

2.8.3 Lompatan Hidrolik

Tipe Kolam Olak yang akan direncana di sebelah hilir bangunan tergantung pada energi yang masuk, yang dinyatakan dengan bilangan *Froude*, dan pada bahan konstruksi kolam olak.

Pengamatan terhadap aliran di dalam sungai-terbuka menunjukkan bahwa pada kondisi tertentu kedalaman fluida bisa berubah secara cepat pada jarak sungai yang relatif pendek tanpa adanya perubahan dalam konfigurasi sungai. perubahan-perubahan kedalaman yang demikian dapat diperkirakan sebagai sebuah diskontinuitas dalam ketinggian permukaan bebas ($\frac{dy}{dx} = \infty$) dengan alasan-alasan yang dibahas bahwa ini, perubahan kedalaman berbentuk tangga ini selalu dari kedalaman yang lebih dangkal ke yang lebih dalam selalu naik, tidak pernah turun.

Secara fisik ,konfigurasi dan diskontinuitas ini, yang disebut lompatan hidrolik, dapat terjadi apabila terdapat konflik antara pengaruh hulu dan hilir yang mengendalikan suatu bagian tertentu dari sebuah sungai.sebagai contoh ,sebuah pintu air mungkin mensyaratkan bahwa kondisi pada bagian hulu sungai (hilir pintu) sebagai aliran superkritis, sementara penghalang pada sungai pada ujung hilir dari kelokan mungkin mensyaratkan bahwa aliran subkritis. Lompatan hidrolik memberikan mekanisme (yang hampir



(Sumber : Ven Te (

diskontinu) untuk melakukan transisi antara kedua jenis aliran.

Lompatan Hidrolik

Jenis yang paling sederhana dari lompatan hidrolik terjadi dalam sungai horizontal, segiempat meskipun aliran didalam lompatan itu sendiri sangat kompleks. Sebagai tambahan kita mengabaikan setiap tegangan geser dinding apapun, τ_w ,di dalam segmen yang relatif pendek antara kedua bagian ini. Dengan kondisi ini komponen x dari persamaan momentum untuk volume atur yang ditunjukkan dapat dituliskan sebagai:

$$F_1 - F_2 + \rho Q(V_2 - V_1) = \rho V_1 y_1 b (V_2 - V_1) \dots\dots (2.15)$$

Dimana gaya tekana pada kedua bagian adalah hidrostatik. Artinya, $F_1 = P_{c1}A_1 = \gamma y_1^{2b/2}$ dan $F_2 = P_{c2}A_2 = \gamma y_2^{2b/2}$ Dimana $P_{c1} = \gamma y_1/2$ dan $P_{c2} = \gamma y_2/2$ adalah tekanan pada pusat penampang sungai dan b adalah lebar sungai. Jadi persamaan momentum menjadi

$$\frac{y_1^2}{2} - \frac{y_2^2}{2} = \frac{V_1 y_1}{g} (V_2 + V_1) \dots\dots\dots (2.16)$$

Sebagai tambahan terhadap persamaan momentum, kita mempunyai persamaan kekekalan massa:

$$y_1 b V_1 = y_2 b V_2 = Q \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

Dan persamaan energi

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hL \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

Kehilangan energi, hL , dalam persamaan disebabkan oleh percampuran trubulen dan disipasi yang sangat hebat yang terjadi didalam lompatan itu sendiri yang disebabkan oleh tegan geser dinding.

Dalam persamaan diatas memiliki penyelesaian $y_1=y_2$, $V_1=V_2$ dan $hL = 0$ hal ini mewakili kasus tidak terjadinya suatu lompatan .karena persamaan ini non linier, maka dimungkinkan bahwa terdapat lebih dari satu penyelesaian. Penyelesaian yang lain di dapat diperoleh sebagai berikut dengan menggabungkan persamaan diatas unruk mengeliminasi V_2 .

$$\frac{y_1^2}{2} - \frac{y_2^2}{2} = \frac{V_1 y_1}{g} \left(\frac{V_1 y_1}{y_2} - V_1 \right) = \frac{V_1^2 y_1}{g y_2} (y_1 - y_2) \quad \dots (2.19)$$

Yang dapat disederhanakan dengan menghilangkan faktor tidak nol $(y_1 - y_2)$ dari setiap ruas sehingga memberikan :

$$\left(\frac{y_2}{y_1} \right)^2 + \left(\frac{y_2}{y_1} \right) - 2 Fr_1^2 = 0 \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana $Fr_1 = V_1 / \sqrt{g y_1}$ adalah bilangan froude hulu. Dengan menggunakan rumus akar persamaan kuadrat kita mendapatkan :

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} (-1 + \sqrt{1 + 8 Fr_1^2}) \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

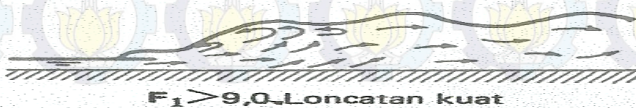
Berdasarkan bilangan *Froude* / Fr , dapat dibuat pengelompokan–pengelompokan dalam perencanaan kolam sebagai berikut :

1. Untuk $Fr \leq 1,7$ tidak diperlukan kolam olak pada saluran tanah, bagian hilir harus dilindungi dari bahaya erosi dan saluran pasangan batu atau beton tidak memerlukan lindungan khusus.
2. Jika $1,7 < Fr \leq 4,5$ maka akan timbul situasi yang paling sulit dalam memilih kolam olak yang tepat. Loncatan air tidak terbentuk dengan baik dan menimbulkan gelombang sampai jarak yang jauh di saluran. Cara mengatasinya adalah mengusahakan agar kolam olak untuk bilangan *Froude* ini mampu menimbulkan olakan (*turbulensi*) yang tinggi dengan blok halangnya atau menambah itensitas pusaran dengan pemasangan blok depan kolam.
3. Jika $Fr > 4,5$ ini akan merupakan kolam yang paling ekonomis karena kolam ini pendek. Dengan kolam loncat air yang sama, tangga dibagian ujungnya akan jauh lebih panjang dan mungkin harus digunakan dengan pasangan batu. Terlepas dari kondisi hidrolis, bilangan *Froude* dan kedalaman air hilir, berdasarkan kondisi dasar sungai dan tipe sedimen maka kolam olak bisa ditentukan sebagai berikut :
 - Bendung di sungai yang mengangkat bongkah atau batu–batu besar dengan dasar yang relatif tahan gerusan, biasanya cocok dengan kolam olak tipe bak tenggelam (*sub merged bucket*).
 - Bendung di sungai yang mengangkat batu–batu besar, tetapi sungai itu mengandung bahan *alluvial*, dengan dasar tahan

gerusan, akan menggunakan kolam loncat air tanpa blok-blok halang atau tipe bak tenggelam.

- Bendung di sungai yang hanya mengangkut bahan-bahan sedimen halus dapat direncanakan dengan kolam loncat air yang diperpendek dengan menggunakan blok-blok halang.

Dalam beberapa kasus aliran bawah bahwasanya terjadi beberapa jenis loncatan air yang diantaranya sebagai berikut:



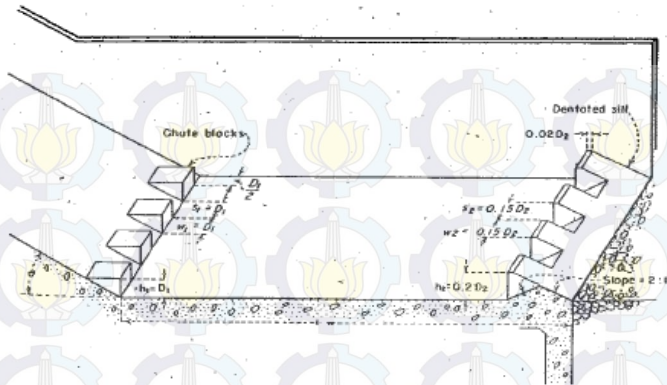
(Sumber : Ven Te Chow , Ph.D, (1985), “Hidrolika Saluran Terbuka”) ,
Gambar 2.9 Tipe Loncatan Hidrolis

2.8.3.1 Kolam Olak

Beberapa tipe kolam olah ini telah dikembangkan oleh *USBR*. Pinggir dari tipe ini adalah vertical dan pada umumnya mempunyai lantai yang panjang, blok – blok dan ambang hilir biasa maupun ambang hilir bergigi. Ruang olah dengan blok – blok dan ambang tidak baik untuk sungai yang mengangkut batu. Macam – macam kolam olah tipe *USBR* sebagai berikut:

1. Kolam olah *USBR I*, kolam yang terbentuk oleh loncatan hidraulik yang terjadi pada lantai dasar. Tipe ini biasanya tidak praktis karena terlalu panjang dan di pakai untuk bilangan *Froude* ($Fr = 2,5-4,5$).

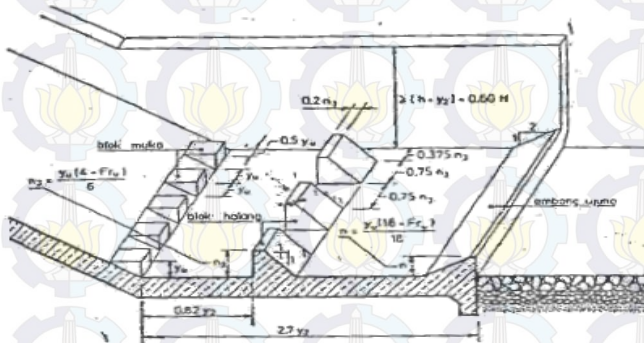
2. Kolam olah *USBR II*, dikembangkan untuk kolam olah yang banyak digunakan pada bendungan tinggi, bendungan urug tanah dan struktur –struktur saluran besar. Kolam olah dilengkapi dengan blok – blok di ujung hulu dan ambang bergigi di ujung hilir. Panjang kolam olah dapat diperoleh dari kurva yang dibuat oleh biro tersebut. Kolam olah *USBR II* dapat dipakai pada bilangan *Froude* lebih besar atau sama dengan 4,5 ($Fr \geq 4,5$), dengan catatan kecepatan $v \leq 16$ m/dt untuk menghindari kavitasi. Gambar dapat dilihat pada Gambar 2.8 sampai Gambar 2.10.



(Sumber : Ven Te Chow , Ph.D, (1985), "Hidrolika Saluran Terbuka") ,

Gambar 2.10 Kolam Olak Tipe USBR II

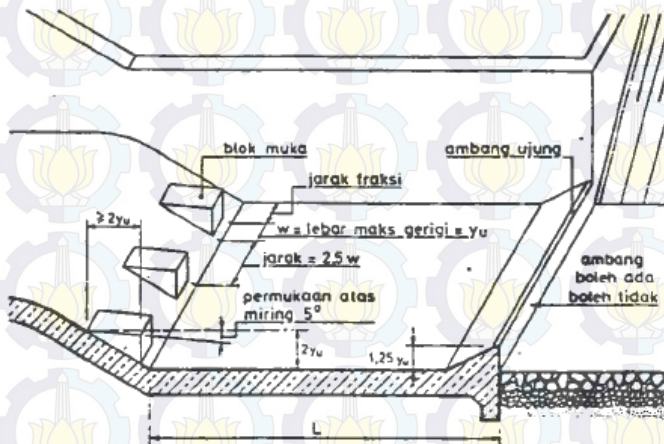
3. Kolam olak *USBR III*, digunakan pada bangunan drainase kecil dengan panjang ruang olak tetapi mempunyai faktor keamanan yang lebih tinggi. Kolam *USBR* dapat dipakai untuk bilangan *Froude* lebih besar atau sama dengan 4,5 ($Fr \geq 4,5$), tetapi bila kecepatan $v_1 \geq 16$ m/dt.



(Sumber : Ven Te Chow , Ph.D, (1985), "Hidrolika Saluran Terbuka") ,

Gambar 2.11 Kolam Olak Tipe *USBR III*

4. Kolam olak *USBR IV* dirancang untuk mengatasi persoalan pada luncuran hidrolis yang berosilasi. Kolam olak ini hanya dapat digunakan untuk penampang persegi panjang. Kolam olak *USBR IV* dipakai untuk bilangan *Froude* 2,5 sampai 4,5.



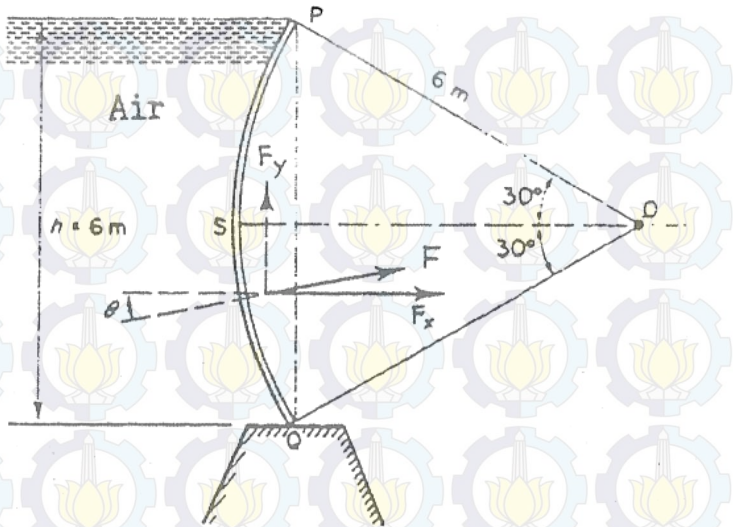
(Sumber : Ven Te Chow , Ph.D, (1985), “Hidrolika Saluran Terbuka”) ,

Gambar 2.12 Kolam Olak Type USBR IV

2.9 Teori Aliran Melalui Pintu

2.9.1 Contoh perhitungan resultan gaya pada pintu

Pintu air radial dengan jari-jari 6m seperti yang tergambar.



(Sumber : Bambang Triatmodjo, Ir,Dr,Prof,(1994) “Hidrolika 1”),

Gambar 2.13 Gambar resultan yang bekerja pada pintu radial

Penyelesaian:

- Muka air pada puncak pintu
kedalaman air : $H = 2.0 \times 6.0 \sin 30^\circ = 6\text{m}$
Komponen gaya horizontal pada pintu tiap 1m panjang

$$F_x = \rho g h \frac{h}{2} = 1000 \times 9,81 \times \frac{(6)^2}{2} = 176.580 \text{ N/m}' = 176,58 \text{ kN/m}' \dots\dots (2.22)$$

- Komponen gaya vertikal pada pintu tiap 1m panjang:

$$\begin{aligned}
 F_y &= \text{berat air yang dipindahkan oleh segmen } PSQ \\
 &= \rho g (OPSQ - OPQ) \quad \dots\dots\dots (2.23) \\
 &= 1000 \times 9,81 \left(\frac{60}{360} \pi 6^2 - 6 \sin 30^\circ \times 6 \cos 30^\circ \right) \\
 &= 32.000 \text{ kN/m} = 32,0 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Resultan gaya:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{176,58^2 + 32,0^2} = 179,46 \text{ kN} \quad \dots\dots (2.24)$$

- Apabila F membentuk sudut φ terhadap horizontal :

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x} = \tan^{-1} \frac{32}{176,58} = 10,27^\circ \quad \dots\dots (2.25)$$

Sudut φ tersebut terhadap bidang horizontal dan arah resultan gaya tersebut menuju pusat.

2.9.2 Pembebanan Pada Lengan Pintu

1. Rigidity Ratio

$$K_s = \frac{I_{x1} \cdot S}{I_{x2} \cdot a} \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

I_{x1} = Momen inersia pada girder bawah

I_{x2} = Momen Inersia pada lengan bawah

S = *Neutral axis* panjang lengan

a = *Supporting* panjang girder

2. Gaya Vertikal

$$V = \frac{\omega \cdot B}{2} + FH \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana :

ω = Beban hidrostatik

B = Lebar pintu

FH = Gaya axial lengan

3. Gaya Horizontal

$$H = V \cdot \frac{C}{H} + \frac{\omega \cdot (a^2 - 6b^2) - 12 \cdot FH \cdot d}{4 \cdot (Ks + 2) \cdot h} \dots\dots\dots (2.28)$$

2.10 Perhitungan Gaya Angkat Pintu (*uplift*)

Air yang berusaha keluar dari bendung akan menimbulkan gaya angkat. Besarnya gaya angkat tergantung pada sifat pondasi serta metode konstruksinya, dengan anggapan bahwa gaya berubah secara linier dari tekanan hidrostatik penuh pada permukaan bagian hulu hingga tekanan air buangan penuh pada bagian hilir.

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum-KP06, 2009)

$$U = \gamma \frac{h_1 + h_2}{2} t \dots\dots\dots (2.29)$$

Formula yang digunakan adalah:

dimana: U = gaya tekanan keatas (kg)

γ = berat jenis air (kg/m³)

h₁ = kedalaman air pada tumit depan (m)

h₂ = kedalaman air pada tumit belakang (m)

t = tebal tapak lantai bendungan (m).

Perhitungan gaya angkat untuk tiap titik dapat digunakan teori Lane maupun Bligh, dengan perhitungan sebagai berikut:

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum-KP06, 2009)

$$\text{Lane} = Ux = hx - \left[\frac{2Lv(x) + 1/3 \Sigma Lh(x)}{Lt} \right] x \Delta H \dots\dots (2.30)$$

$$\text{Bligh} = Ux = hx - \left[\frac{\Sigma Lv(x) + \Sigma Lh(x)}{Lt} \right] x \Delta H \quad \dots (2.31)$$

2.11 Analisa Stabilitas Bendung

Dalam peninjauan stabilitas konstruksi bendung, ditinjau dalam 2 kondisi yaitu : kondisi normal dan kondisi air banjir. Kondisi air normal adalah kondisi pada saat muka air dihilu bendung hanya mencapai elevasi bendung, sedang kondisi air banjir adalah kondisi pada saat debit banjir terjadi.

Untuk mengetahui stabilitas konstruksi bendung, maka harus diperhitungkan terhadap beberapa faktor yaitu:

1. analisa gaya horizontal

- gaya gempa
- gaya akibat tekanan hidrostatik
- gaya akibat tekanan tanah aktif dan pasif

2. Analisa gaya vertical

- gaya akibat berat bendung
- gaya angkat (*uplift pressure*)

3. Analisa stabilitas bendung terhadap:

- guling
- geser
- daya dukung tanah

2.11.1 Gaya Akibat Berat Bendung

$$w = \gamma_s \times \text{luas bendung} \dots\dots\dots(2.32)$$

dimana:

γ_s = berat jenis bahan pada bendung (kN/m³)

W = gaya akibat berat bendung (kN/m)

2.11.2 Gaya Akibat Gempa

Gaya akibat gempa merupakan gaya yang disebabkan oleh terjadinya gempa dan akan mengakibatkan gaya tekan terhadap tubuh bendung dan tekan hidrodinamis.

$$Ad = n (ac \times z)^m$$

$$E = \frac{Ad}{g} \dots\dots\dots (2.33)$$

dimana:

Ad = Percepatan gempa rencana (m/dtk²)

n, m = koefisien jenis tanah

ac = percepatan kejut dasar (cm/dtk²)

E = koefisien gempa

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/dtk²)

z =Faktor yang bergantung pada letak geografis

2.11.3 Uplift Pressure

Tekanan air tanah Px dihitung dengan rumus:

$$Px = Hx - Lx. \Delta H / L \dots\dots\dots (2.34)$$

dimana

Px = gaya angkat pada titik x (kg/m²)

Hx = tinggi titik yang ditinjau ke muka air (m)

L_x = jarak/panjang bidang kontrol bangunan dan tanah bawah (m)

L = panjang total bidang kontrol bendung dan tanah (m)

ΔH = beda tinggi energi (m)

2.11.4 Gaya Akibat Tekan Tanah Aktif dan Pasif

Tekanan tanah aktif dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P_a = 0.5 \times \gamma_{sub} \times K_a \times h^2 \quad \dots\dots\dots(2.35)$$

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \quad \dots\dots\dots(2.36)$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$= \left[\gamma_w \frac{G_s + e}{1 + e} \right] - \gamma_w \quad \dots\dots\dots(2.37)$$

Tekanan tanah pasif dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P_p = 0.5 \times \gamma_{sub} \times K_p \times h^2 \quad \dots\dots\dots(2.38)$$

$$K_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\theta}{2}\right) \quad \dots\dots\dots(2.39)$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$= \left[\gamma_w \frac{G_s + e}{1 + e} \right] - \gamma_w \quad \dots\dots\dots(2.40)$$

Keterangan:

P_a = tekanan tanah aktif (ton)

P_p = tekanan tanah pasif (ton)

θ = sudut geser dalam (o)

g = gravitasi bumi = 9,8 m/dtk

H = kedalaman tanah aktif dan pasif (m)

γ_{sub} = berat jenis *submerged* (ton/m³)

γ_w = berat jenis air = 1,0 ton/m³

G_s = *Specific Gravity*

e = *Void Ratio Gaya*

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum-KP06, 2009)

2.11.5 Akibat Tekanan Hidrostatik

$$P_{air} = \gamma_w \times \text{Luas tekanan air} \dots\dots\dots (2.41)$$

dimana :

γ_w = berat jenis air = 1,0 ton/m³

P_{air} = gaya tekanan hidrostatik (ton/m)

2.11.6 Gaya akibat Tekanan Lumpur

$$P_s = \gamma_1 \times h^2 \left(\frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \right) \dots\dots\dots (2.42)$$

dimana:

P_s = gaya akibat tekanan lumpur

θ = sudut geser dalam

γ_1 = berat jenis Lumpur = 0,91 ton/m³

h = Kedalaman Lumpur (m)

2.11.7 Kontrol Stabilitas Bendung

Persyaratan stabilitas konstruksi yang dinjau antara lain adalah sebagai berikut:

- Kontrol terhadap guling

$$Sf = \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH} \geq 1.5 \dots\dots\dots (2.43)$$

dimana:

S_f = faktor keamanan

MV = Jumlah momen vertikal (ton.meter)

MH = Jumlah momen horisontal (ton.meter)

- Kontrol Terhadap Geser

$$\frac{\Sigma V}{\Sigma H} \geq 1.25 \quad \dots\dots\dots (2.44)$$

dimana :

S_f = Faktor keamanan

ΣV = Jumlah gaya vertikal yang bekerja pada bangunan (Ton)

ΣH = Jumlah gaya horisontal yang bekerja pada bangunan (Ton)

f = Koefisien gesekan (0,75)

- Kontrol terhadap eksentrisitas

$$d = \frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma Y} \quad \dots\dots\dots (2.45)$$

$$e = \frac{B}{2} - d < \frac{B}{6}$$

dimana:

MV = Jumlah momen vertikal (Ton.m)

MH = Jumlah momen horisontal (Ton.m)

ΣY = Jumlah gaya vertikal (Ton)

d = Titik tangkap

e = Eksentrisitas

B = Lebar yang ditinjau (m)

- Faktor Keamanan

$$S = \frac{s(1 + \frac{a}{s})}{hs} \geq 2 \quad \dots\dots\dots (2.46)$$

dimana :

S = faktor keamanan

s = kedalaman tanah (m)

a = tebal lapisan pelindung (m)

hs = tekanan air pada kedalaman s (kg/m²)

(sumber : *Teknik Bendung, Ir.Soedibyo, Hal 105*)

2.12 Merencanakan Tinggi Muka Air

Fungsi dari bendung gerak sendiri adalah dapat mengendalikan tinggi muka air sesuai kebutuhan dengan mengatur tinggi bukaan pintu bendung.

Terdapat cara yang digunakan untuk merencanakan tinggi elevasi muka air yang ingin direncanakan diantaranya:

2.12.1 Data

Data yang harus tersedia dalam perhitungan tinggi muka air sungai ini meliputi:

- a) **Penampang melintang sungai, yang berupa table atau grafik penampang melintang sungai**

- 1) Hubungan Antara tinggi muka air sungai dan luas penampang basah.
- 2) Hubungan Antara tinggi muka air sungai dan jari-jari hidraulik.

b) Penampang memanjang sungai, yang terdiri dari penampang melintang sungai yang jaraknya ditentukan sesuai dengan:

- 1) Ketelitian yang diinginkan pada perencanaan.
- 2) Ketelitian yang diinginkan di dekat titik awal hitungan.
- 3) Situasi sungai, untuk bagian sungai yang lurus lebih besar dari bagian belokan dari data penampang memanjang sungai dapat diketahui kemiringan sungai antar tampang lintang.

c) Koefisien kekasaran alur sungai.

d) Debit sungai, yang berupa debit yang tetap terhadap waktu

e) Daerah hitungan yang memuat

- 1) Ruas atau ruas-ruas sungai.
- 2) Pertemuan dan percabangan sungai.
- 3) Bangunan melintang sungai seperti: bendung, dam penahan sedimen.

2.12.2 Titik Awal Perhitungan

Perhitungan tinggi muka air sungai ini dimulai untuk aliran sub-kritik dari hilir ke hulu sedang untuk aliran super-kritik dari hulu ke hilir, dengan menetapkan suatu titik tertentu sebagai titik awal hitungan yang dapat berupa:

- a) Badan air seperti laut, danau dan waduk.
- b) Bangunan di sungai seperti bendung atau dam penahan sedimen, penetapan tinggi muka air dihitung dengan rumus peluapan yang berlaku.

- c) Pos duga air yang mempunyai lengkung debit dan berada di hilir daerah hitungan.

2.12.3 Rumus Perhitungan

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung tinggi muka air sungai, meliputi:

- a) Rumus untuk menghitung koefisien kekasaran Manning, adalah sebagai berikut:

Contoh penampang melintang sungai dengan nilai kekasaran Manning yang berbeda-beda.

$$n_{ek} = \frac{\sum_{i=1}^k (n_i^{\frac{2}{3}} \cdot P_i)^{2/3}}{P_{total}} \dots\dots\dots(2.47)$$

$$P_{total} = \sum_{i=1}^k P_i$$

Dengan pengertian:

n_{ek} = adalah koefisien kekasaran manning ekivalen

P_{total} = adalah keliling basas total (m)

n_i = adalah koefisien kekasaran manning di bidang ke-
i

P_i = adalah keliling basah pada bidang ke-i

K = adalah jumlah bidang singgung. Dimana sebagai perkiraan awal nilai koefisien kekasaran manning pada setiap bidang singgung

- b) Rumus untuk menghitung tinggi air kritis, adalah sebagai berikut:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot d}} = 1 \dots\dots\dots(2.48)$$

$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \dots\dots\dots(2.49)$$

dengan pengertian:

Fr = adalah bilangan *Froude*

q = adalah debit satuan, debit dibagi lebar muka air sungai ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)

h_{kr} = adalah tinggi air kritis (m)

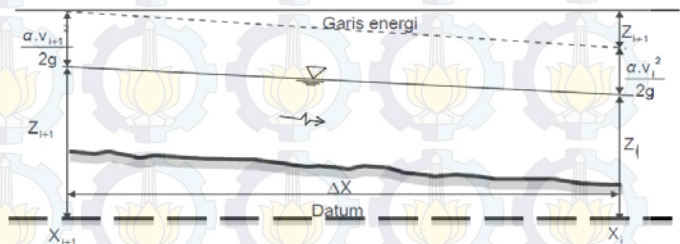
v = adalah kecepatan aliran air rata-rata (m/s)

g = adalah percepatan gravitasi (m/s^2)

d = adalah kedalaman aliran (m)

c) Untuk sungai tampang tunggal

1) Rumus aliran tetap tidak seragam berubah lambat laun yang diturunkan dari persamaan energi dan rumus Manning, seperti berikut:



(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum-KP06, 2009)

Gambar 2.14 Garis energi tampang tunggal

$$Z_{i+1} = Z_i \frac{Q^2}{2g} \left[\frac{1}{A_{i+1}^2} - \frac{1}{A_i^2} \right] + S \cdot \Delta X \dots\dots\dots(2.50)$$

Dengan pengertian :

Q	adalah debit (m^3/s)
Z_{i+1}	adalah tinggi muka air dari datum pada penampang X_{i+1} (m)
Z_i	adalah tinggi muka air dari datum pada penampang X_i (m)
A_{i+1}	adalah luas penampang basah X_{i+1} (m^2)
A_i	adalah luas penampang basah X_i (m^2)
ΔX	adalah jarak antara penampang X_{i+1} dan X_i (m)
S	adalah kemiringan garis energi rata-rata
G	adalah percepatan gravitasi (m/s^2)
α	adalah koefisien energi untuk praktis dapat digunakan nilai $1,15 < \alpha < 1,50$

- 2) Kemiringan garis energi rata-rata antar penampang melintang X_i dan X_{i+1} seperti berikut :

$$\bar{S} = 1/2 \left[\frac{n_{i+1}^2 \cdot Q^2}{A_{i+1}^2 \cdot R_{i+1}^{4/3}} + \frac{n_i^2 \cdot Q^2}{A_i^2 \cdot R_i^{4/3}} \right] \dots\dots\dots(2.51)$$

Dengan pengertian :

\bar{S}	adalah kemiringan garis energi rata-rata X
n_{i+1}	adalah koefisien kekasaran Manning pada penampang X_{i+1}
n_i	adalah koefisien kekasaran Manning pada penampang X_i
R_{i+1}	adalah jari-jari hidraulik pada penampang X_{i+1} (m)
R_i	adalah jari-jari hidraulik pada penampang X_i (m)

BAB III METODOLOGI

3.1 TINJAUAN UMUM

Metode yang digunakan dalam studi ini pada beberapa pokok pikiran, teori dan rumusan yang ada pada beberapa literatur diharapkan dapat memperoleh cara untuk mendesain bendung gerak menggunakan radial gate yang baik dan tepat.

3.2. LANGKAH YANG DILAKUKAN

3.2.1 SURVEY PADA DATA PROYEK

Survey pada data proyek dilakukan agar memperoleh perbandingan dari desain awal bendung dengan desain yang akan dijadikan sebagai studi tugas akhir. Untuk memperoleh data proyek dilakukan dengan cara:

- Melakukan identifikasi tempat proyek
Cara ini dilakukan untuk mengetahui kondisi riil di lapangan yang akan dijadikan sebagai studi tugas akhir;
- Melakukan wawancara dengan Petugas Lapangan;
Hal ini dilakukan untuk mengetahui lebih jelas dan terperinci mengenai daerah studi;

3.2.2 STUDI LITERATUR

Studi ini dilakukan sebagai acuan untuk mengetahui langkah-langkah yang dilakukan yang bersangkutan dengan studi tugas akhir. Bahan acuan didapat dari berbagai sumber dan referensi dari Petugas Lapangan.

3.2.3 PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data dilakukan untuk mempermudah penyelesaian permasalahan yang ada pada studi. Adapun data-data tersebut adalah:

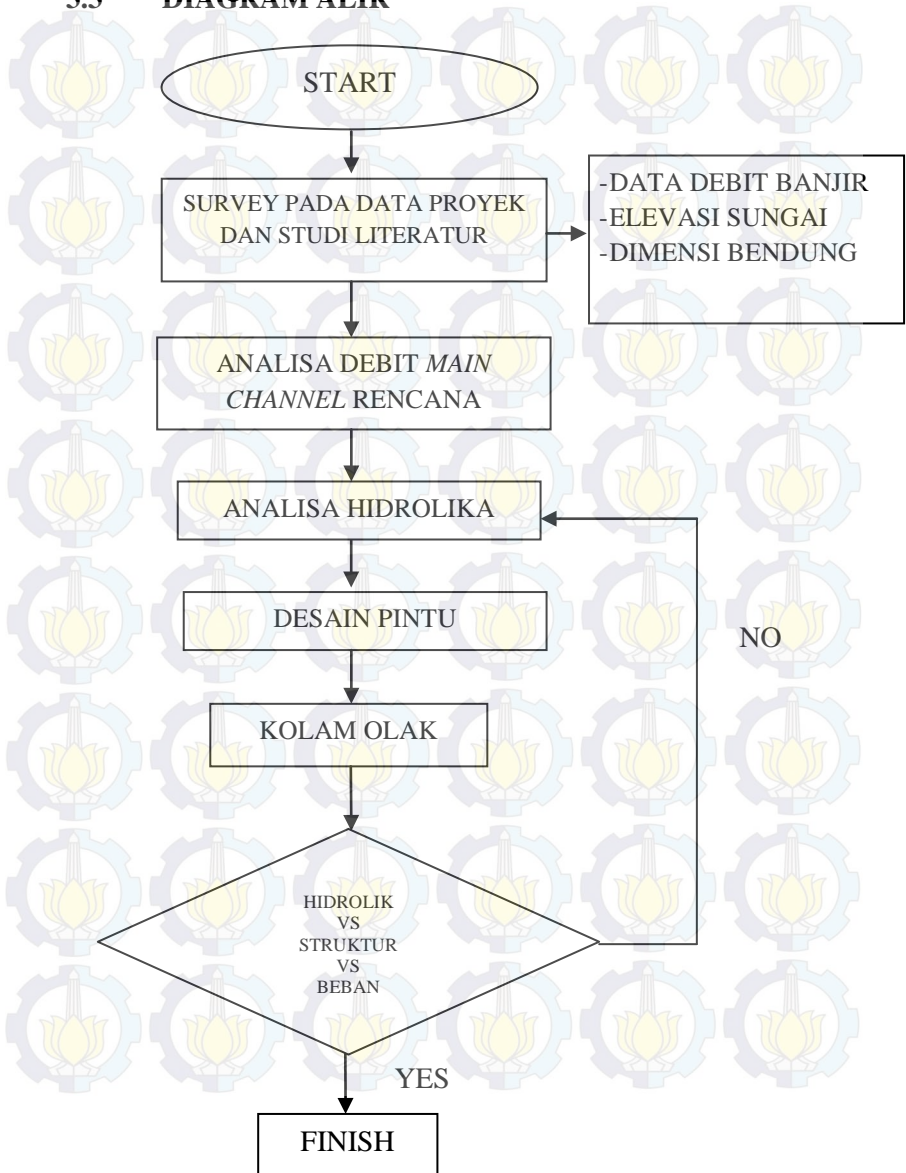
- Data debit banjir di daerah sungai Sembayat
Digunakan mengetahui berapa dimensi bendungan.
- Data elevasi
Data tersebut untuk mengetahui perbedaan antara upstream dan downstream.
- Dimensi bendung Sembayat
Digunakan sebagai tolak ukur desain baru yang akan dijadikan studi.
- Data *longitudinal section* dan *cross section* sungai
- Data Perencanaan bendung sebelumnya

3.2.4 ANALISA DAN PROSES PERHITUNGAN

Tahap analisa dan proses perhitungan mencakup sebagai berikut:

1. Elevasi permukaan air rencana
Menentukan jumlah dan lebar pintu.
2. Melakukan analisa *longitudinal cross section*
Analisa *longitudinal cross section* dilakukan pada setiap stasiun dengan jarak per 100m.
3. Menentukan debit *Main channel Capacity*
Debit *Main channel* ditentukan sesuai dengan penampang sungai yang direncanakan.
4. Melakukan analisa bukaan pintu radial
Kegiatan ini meliputi perhitungan dan analisa melalui program HEC-RAS.
5. Menghitung pembebanan daun pintu radial
Kegiatan ini meliputi perhitungan pembebanan daun pintu radial.
6. Menghitung gaya pada *frame* pintu radial
Kegiatan ini meliputi perhitungan gaya momen, gaya lintang, dan gaya normal.

3.3 DIAGRAM ALIR



Gambar 3.1. Diagram alir pengerjaan tugas akhir



BAB IV

PERENCANAAN BENDUNG GERAK

4.1 Pendahuluan Perencanaan

Bangunan utama dapat didefinisikan sebagai semua bangunan yang direncanakan melintang/sepanjang sungai atau aliran.

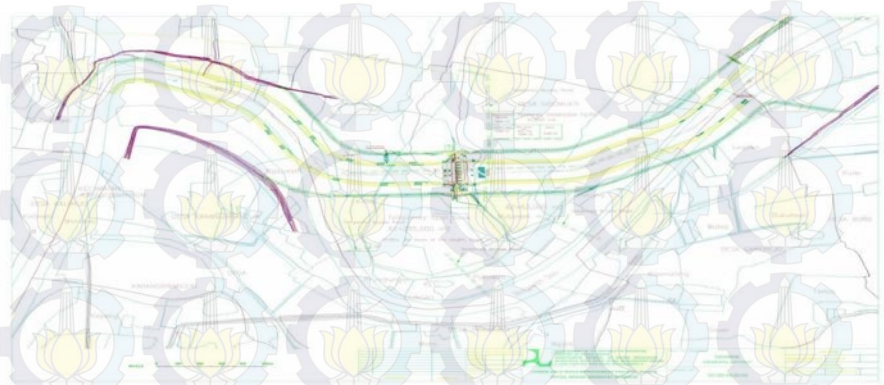
4.2 Pengertian Perencanaan Bendung Gerak

Seperti yang diuraikan sebelumnya, bendung adalah suatu bangunan yang dibuat dari pasangan batu kali, bronjong atau beton, yang terletak melintang pada sebuah sungai yang berfungsi meninggikan muka air agar dapat dialirkan ketempat yang memerlukan.

4.3 Perhitungan *Main Channel Capacity*

Perhitungan ini sangat penting dilakukan, oleh karena Muka Air Banjir (MAB) di hilir ini merupakan patokan untuk merencanakan kolam olakan (peredam energi). Dengan adanya MAB ini dapat di hitung berapa kedalaman lantai ruang olakan dan sejenisnya.

Ada pun faktor utama yang harus dimiliki adalah peta situasi sungai di sekitar bendung, yaitu 1 km ke udik dan 1 km ke hilir serta ke arah kiri dan kanan sepanjang 0,5 km dari as rencana bendung. Kemudian profil memanjang sungai tersebut beserta profil melintangnya.



(Sumber : Bengawan Solo River Basin Management Board , (2008)

Gambar 4.1 peta situasi sungai

Setelah itu yang perlu di perhatikan pula ialah keadaan sungai itu sendiri, tipe-tipe sungai seperti berbatu, pasir, atau berumput mempunyai nilai kekasaran yang berbeda.

Profil memanjang di gunakan untuk mencari kemiringan rata-rata sungai, dengan jalan menjumlahkan kemiringan dari setiap profil dari setiap profil dan dibagi dengan jumlah profil kurang satu, maka akan didapat kemiringan rata-rata di sekitar bendung, atau dengan kata lain

$$I_{rata - rata} = \sum_i^J I / (n - 1) \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

Profil Melintang digunakan untuk mencari luas tampang basah rata-rata sungai (A rata-rata)

Kemudian : $Q = A \times V$ (4.2)

Dimana : Q = Debit Sungai
 A = luas tampang basah sungai
 V = Kecepatan aliran sungai

Untuk mencari V dapat di gunakan metode :

Manning :

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \text{..... (4.3)}$$

Dimana : n = koefisien kekerasan Manning
 R = jari-jari hidrolis
 I = kemiringan rata-rata sungai

Chezy :

$$V = C \sqrt{R \cdot I} \quad \text{..... (4.4)}$$

Basin :

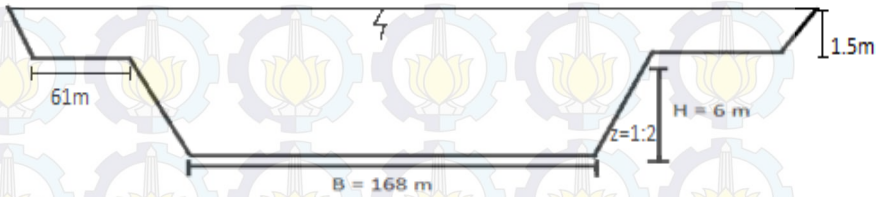
$$C = \frac{87}{\left(1 + \frac{V}{R}\right)} \quad \text{..... (4.5)}$$

Dimana : C = koefisien Chezy (koefisien kekerasan sungai)

R = jari-jari hidrolis

I = kemiringan rata-rata sungai

Bila debit banjir sudah di ketahui, maka didapatkan tinggi air banjir tersebut

PERHITUNGAN:

Gambar 4.2 Penampang sungai yang direncanakan

Kemiringan rata-rata = 0.00004 (S)

Luas profil rata-rata = 1080 m² (dengan asumsi kedalaman 6 m)

- Keliling basah (o) = $P = B + 2y\sqrt{1 + z^2}$ (4.6)
 $= 168 + 2 \times 6 \sqrt{1+2^2}$

$$= 195 \text{ m}$$

- Jari-jari hidrolis = $R = \frac{A}{P}$ (4.7)

$$R = 1080/195$$

$$R = 5.53 \text{ m}$$

- Koefisien kekasaran sungai = 0.025

$$V = \frac{1}{0.025} \times 5.53_3^2 \times 0.00004^{0.5}$$

$$= 0.79 \text{ m/det}$$

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (4.8)$$

$$= 1080 \times 0.79$$

$$= 853.20 \text{ m}^3/\text{det}$$

4.3.1 Aliran Melalui Penampang

Aliran yang melalui saluran harus direncanakan untuk tidak mengakibatkan erosi maupun tidak mengakibatkan endapan sedimen untuk itu perancangan cukup menghitung ukuran-ukuran saluran dengan analisi hidraulika sehingga dapat menghasilkan ukuran yang efisien dan ekonomis.

4.3.1.1 Rumus Chezy

Seperti yang telah diketahui, bahwa perhitungan untuk aliran melalui saluran terbuka hanya dapat dilakukan menggunakan rumus empiris, karena adanya banyak variabel yang berubah-ubah. Untuk itu berikut ini disampaikan rumus-rumus empiris yang banyak digunakan untuk merencanakan saluran terbuka.

Chezy berusaha mencari hubungan bahwa zat cair yang melalui saluran terbuka akan menumbulkan tegangan geser (tahanan) pada dinding saluran

$$V = C\sqrt{RS} \dots\dots\dots (4.9)$$

Dimana:

V= kecepatan aliran

R= jari-jari hidrolik

S= kemiringan dasar saluran

- Perhitungan

$$\text{Harga } C = \frac{157.6}{1+m/\sqrt{r}} \Rightarrow \frac{157.6}{1+2,36/\sqrt{5.6}} = 78.90$$

$$V = 78.90\sqrt{5,6 \times 0.0004} = 1.180 \text{ m/s}$$

- Menghitung debit menggunakan rumus

Chezy

$$Q = A.V \dots\dots\dots (4.10)$$

$$Q = 1080 \times 1.180$$

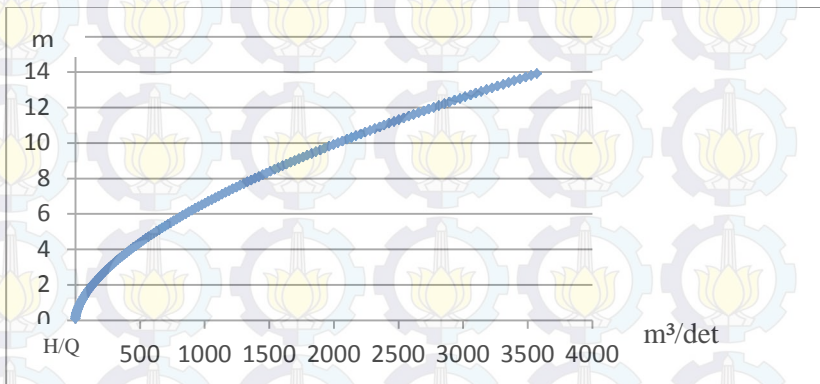
$$Q = 1274$$

KESIMPULAN:

Dari hasil perhitungan ternyata didapatkan hasil yang berbeda, antara penggunaan rumus *chezy* dan rumus *manning*, maka dari itu sampel diambil dengan hasil yang terbesar dengan metode rumus *manning* $Q = 861.60 \text{ m}^3/\text{det}$.

4.4 Kapasitas Aliran Sungai

Kapasitas aliran sungai dilakukan untuk mengetahui desain floodplain dengan rencana Q_{50} yaitu $2530 \text{ m}^3/\text{det}$, untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan perbandingan tinggi muka air dengan debit aliran atau *rating curve*.



Gambar 4.3 *Rating Curve*

4.4.1 Perencanaan *Floodplain*

Panjang *long storage* dapat dijadikan acuan untuk merencanakan *floodplain* sehingga dapat menampung debit sesuai dengan data yang telah didapatkan dari lapangan,

flood plain sendiri di gunakan untuk mencegah terjadinya luapan air sungai pada waktu banjir.

Direncanakan :

- Lebar flood plain 314 m
- Kedalaman *floodplain* 1.5m dari muka air *Main Channel capacity*

Sehingga kapasitas flood plain dapat dihitung sebagai berikut :

$$A = (b + zy) y + (A \text{ main channel}) \dots\dots\dots (4.11)$$

$$A = (314 + 2 \times 1.5) 1.5 + (1080)$$

$$\text{Maka } A = 1555.5 \text{ m}^2, P = 323.541, R = 4.80, \\ n = 0.016$$

- Setelah mendapatkan luas maka dapat dihitung sebagai berikut

$$V = \frac{1}{0.016} \times 4.8^{\frac{2}{3}} \times 0.00004^{0.5} \dots\dots\dots (4.12)$$

$$Q = 1.68 \times 1555.5$$

$$\text{Maka } Q = 2613.24 \text{ m}^3/\text{det}$$

- Kesimpulan : dengan di tambahkannya flood plain dapat melewati Q sebesar 2613.24 m³/det
- Dengan kedalaman *flood plain* 1.5m maka dapat mengalirkan debit Q50 dengan aman tanpa meluber.

4.5 Penentuan Lebar Efektif Bendung

Lebar bendung yaitu jarak antara pangkal (abutment). Sebaiknya lebar bendung ini sama dengan lebar rata-rata sungai pada bagian yang stabil (bagian yang lurus). Biasanya lebar total bendung diambil antara 1.0 – 1.2 dari lebar 168m sungai pada ruas yang stabil. Agar pembuatan peredam energi tidak terlalu sulit dibuat, maka aliran persatuan lebar harus di batasi sampai sekitar 12 – 14 m³/detik dan memberikan tinggi energi maksimum 3.5 – 4.5 m.

Lebar efektif bendung :

$$Be = B - 2 (n.Kp + Ka)H1 \dots\dots\dots (4.13)$$

Dengan :

Be = lebar efektif bendung

B = lebar bendung (lebar total- lebar pilar)

n = jumlah pilar

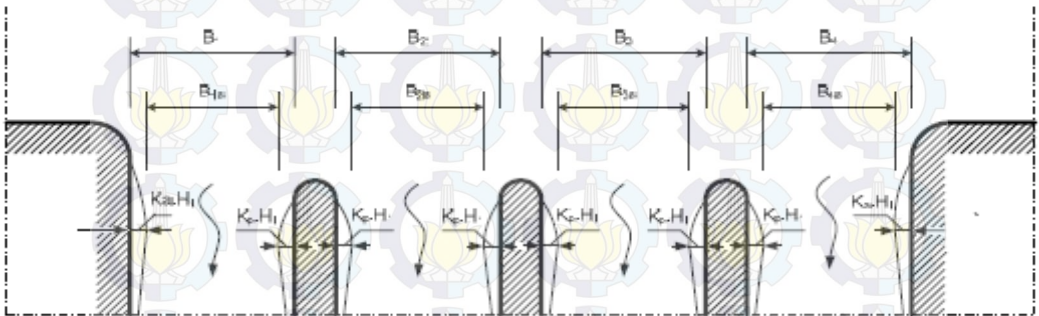
Kp = koefisien kontraksi pilar

Ka = koefisien kontraksi pangkal bendung

H1 = Tinggi energi

Tabel 4.1 koefisien pilar dan pangkal

Pilar	Kp
Berujung segi empat dengan ujung yang dibulatkan dengan $r \approx 0,1 t$	0,002
Berujung bulat	0,01
Berujung runcing	0,00
Pangkal Tembok	Ka
Segi empat bersudut 90° ke rah aliran	0,20
Bulat bersudut 90° ke rah aliran dengan $0,5 H_e > r > 0,15 H_e$	0,10
Bulat bersudut 45° ke arah aliran dengan $r > 0,5 H_e$	0,00



(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum-KP02,2013)

Gambar 4.4 lebar efektif bendung

Perhitungan Satu Bukaannya :

Diketahui Lebar antar pilar pintu = 15 m (pilar)

$$B = 15 - 2(0,01) \times 6 = 14,88 \text{ m}$$

Diketahui Lebar antar pilar pintu = 15 m (titik pangkal tembok)

$$B = 15 - 2(0,01+0,1) \times 6 = 13,68 \text{ m}$$

4.6 Aliran Lewat Bawah Pintu

Aliran bawah pintu dapat dihitung dengan data yang diketahui yaitu seperti :

Y1 :tinggi muka air didepan pintu

Y2 :tinggi air setelah bukaan pintu

W :tinggi bukaan pintu

R :jari-jari pintu radial

A :tinggi pusat pintu radial ke lantai

Cc :faktor koreksi terhadap pintu radial

q :debit per 1 meter lebar

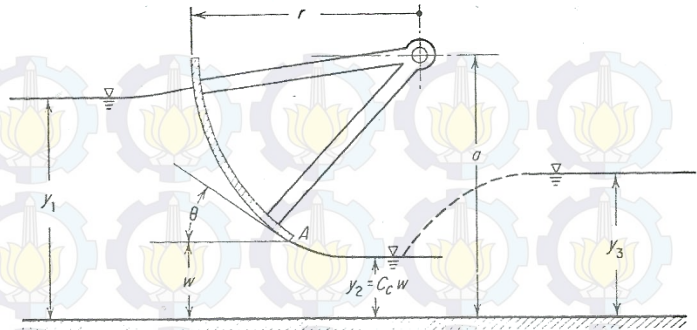
θ :sudut pintu radial (58°)

dimana:

$$Cc = 1 - 0.75\theta + 0.36 x \theta^2 \dots\dots\dots (4.14)$$

Cc (faktor koreksi terhadap pintu radial) sendiri dicari untuk mengetahui tinggi air yang lewat bawah pintu sebelum terjadinya loncatan yang dapat di lihat dari *rating curve*

$$0.665 = 1 - 0.75\theta + 0.36 x \theta^2$$



Gambar 4.5 Aliran Bawah Pintu Radial

Setelah didapat C_c dapat dicari y_2 nya dimana:

$$y_2 = C_c \times W \quad \dots\dots\dots (4.15)$$

y_2 yang dicari adalah dalam kondisi kritis atau bukaan paling kecil yaitu 0.4m

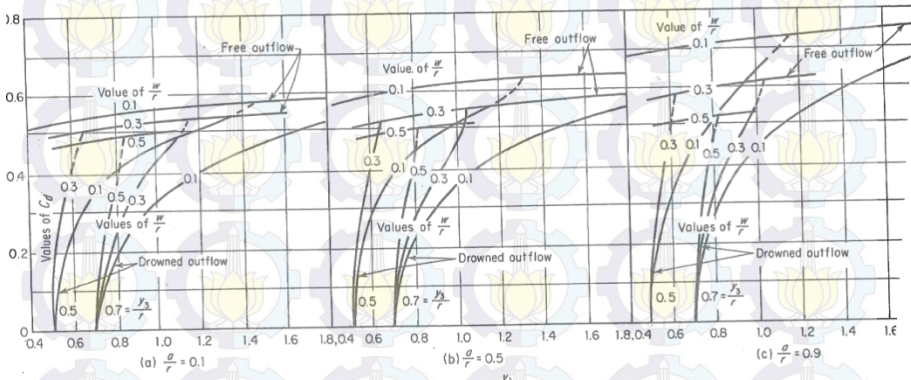
Dimana:

$$y_2 = 0.665 \times 0.4 = 0.266m$$

Kemudian cari nilai w/r dimana digunakan untuk penentuan penggunaan tabel dan mengetahui jenis alirannya apakah bebas atau termampatkan

$$\frac{w}{r} = \frac{0.665}{15.7336} = 0.025423$$

Koefisien C_d dapat dilihat di tabel setelah ditemukan nilai w/r dan a/r



Gambar 4.6 Koefisien C_d pintu radial

$C_d = 0.6$ paling kritis (aliran bebas) menggunakan tabel (b) dimana $a/r = 0.5$

Mencari harga q per 1 meter lebar

$$q = C_d \times C_c \times W \sqrt{2 \times 9.8 - 0.5 (C_c \times W)}$$

$$1.71 = 0.6 \times 0.665 \times 0.4 \sqrt{2 \times 9.8 - 0.5(0.665 \times 0.4)}$$

Mencari harga V

$$V = \sqrt{2 \times 9.8(A)} \rightarrow 6.43 = \sqrt{2 \times 9.8(6 - 0.5 \times 0.4)}$$

Setelah mendapatkan nilai tersebut maka dapat dicari *froude number* dengan seperti berikut:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{Cc \times y_2}} \dots\dots\dots (4.16)$$

$$Fr = \frac{6.43}{\sqrt{0.665 \times 0.266}} = 3.98$$

Didapat *Froude number* sebesar 3.98

4.7 Kolam Peredam Energi

Bila kita membuat bendung pada aliran pada aliran sungai baik pada palung maupun pada sodetan, maka pada sebelah hilir bendung terjadi loncatan air. Kecepatan pada daerah itu masih tinggi, hal ini akan menimbulkan gerusan setempat (*local scouring*).

Untuk meredam kecepatan yang tinggi itu dibuat suatu konstruksi peredam energi. Bentuk hidrolisnya adalah merupakan suatu pertemuan antara penampang miring, lengkung dan lurus.

Secara garis besar konstruksi peredam energi dibagi menjadi 4 (empat) tipe yaitu:

- Ruang olak tipe Vlughter
- Ruang olak tipe Schoklistch
- Ruang olak tipe Bucket
- Ruang olak tipe USBR

Pemilihan tipe peredam energi tergantung pada

- Tipe aliran
- Keadaan tanah dasar
- Tinggi perbedaan muka air hili dan hilir
- Sedimen yang diangkut aliran sungai

Diketahui

Bukaan pintu kritis = 0.4 m

Froude number = 3.98

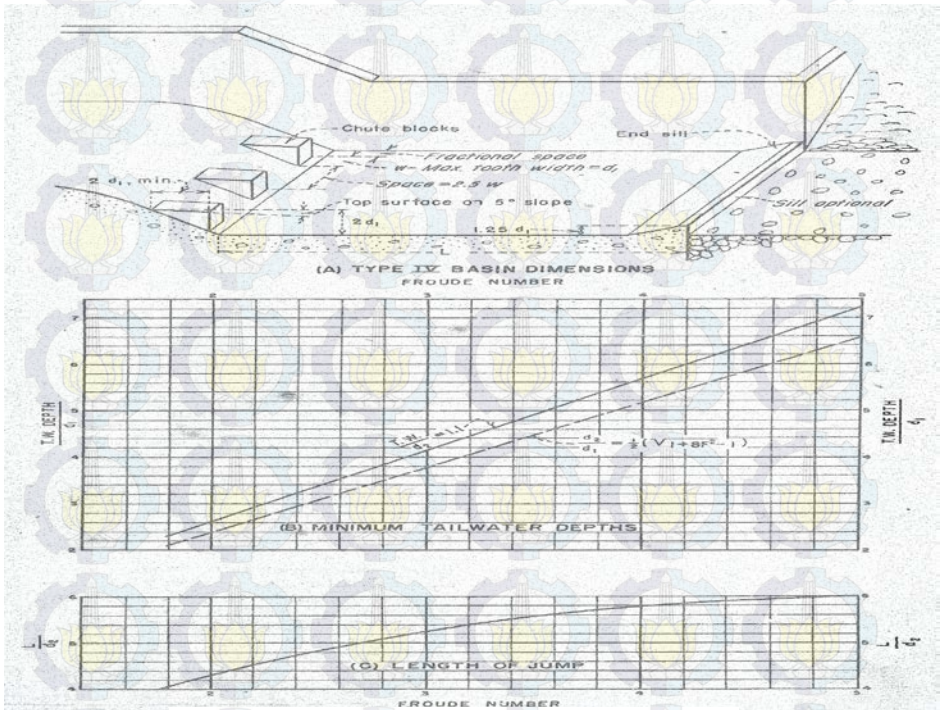
d2 = 1.37m

Dengan *froude number* 3.98 maka dapat dilihat pada bab2 untuk pemilihan kolam olakan maka yang tepat menggunakan kolam olakan tipe *USBR III*

4.7.1 Perhitungan Panjang Loncatan

Dalam pengoprasian pintu dalam bendung gerak harus disimulasikan bukaan agar dapat mengetahui panjang loncatan

Dimana : a = bukaan pintu
 y_1 = tinggi permukaan air



Gambar 4.7 Grafik Kolam Olakan
 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Fr = \frac{L}{d_2} \dots\dots\dots (4.17)$$

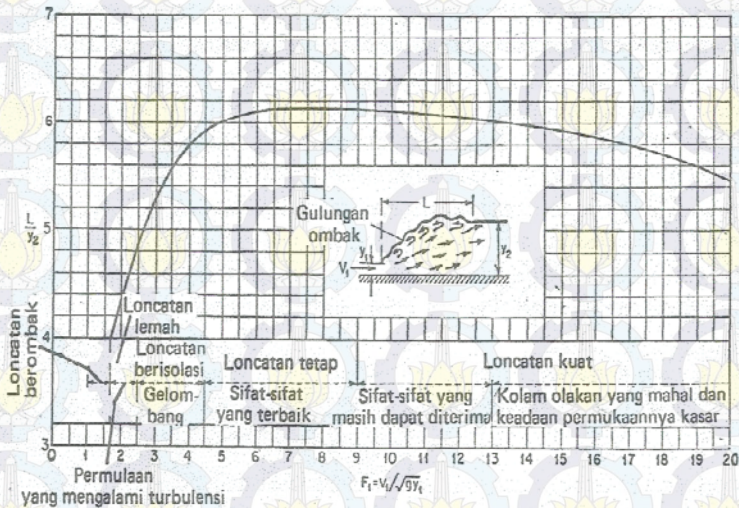
$$3.98 = \frac{L}{d^2} \text{ didapat dari grafik } \frac{L}{d^2} = 5.8$$

d^2 diketahui 1.371

$$L = 1.371 \times 5.8$$

Maka panjang kolam olakan adalah $7.9\text{m} = 8\text{m}$

Hasil ini akan coba dibandingkan dengan grafik panjang loncatan dari grafik panjang loncatan hasilnya sama antara grafik dari *USBR III* dengan grafik panjang loncatan.

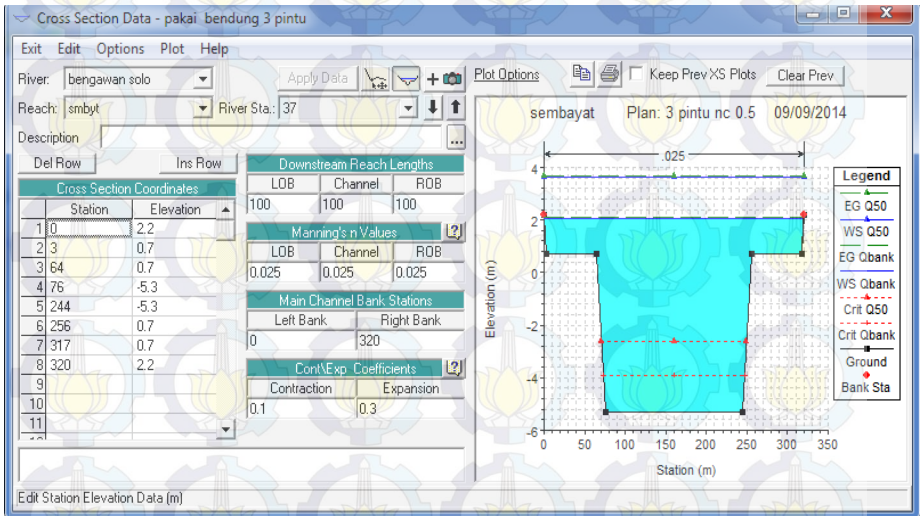


Gambar 4.8 Grafik Panjang Loncatan

4.8 Pengecekan Kapasitas Penampang Saluran Menggunakan HEC-RAS

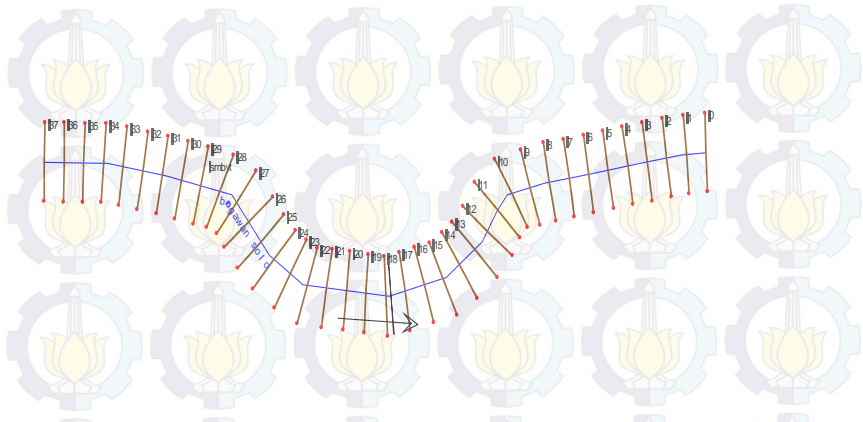
Setelah maendapatkan hasil dari perhitungan manual, maka dapat di dilakukan pengecekan menggunakan program HEC-RAS dengan cara memasukan *croos section* yang telah di rencanaakan sebelumnya, sehingga dapat dilakukan perbandingan hasil perhitungan antara analisa manual melalui perhitungan dan analisa melalui HEC-RAS. Analisa pintu juga akan di cek melalui program HEC-RAS sehingga akan mendapatkan hasil analisa bukaan pintu yang lebih akurat.

4.8.1 Sungai Tanpa Bendung



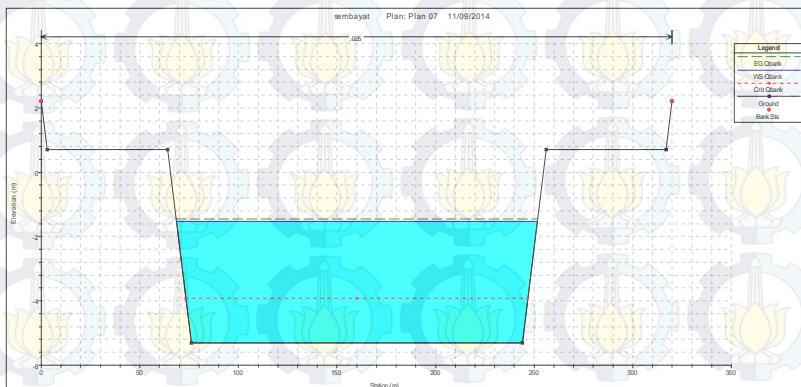
Gambar 4.9 Penampang sungai

Dengan 37 stasiun dan jarak antar stasiun 100m

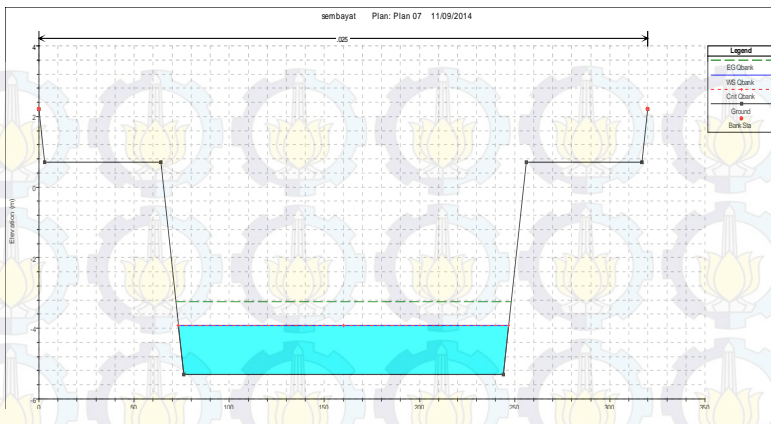


Gambar 4.10 Geometri Sembayat

Setelah didapat *cross section* di *geometry data*, maka lakukan percobaan running menggunakan debit *Main Channel* dan debit banjir tanpa memasukan bangunan air untuk mengetahui kapasitas aliran air sungai.

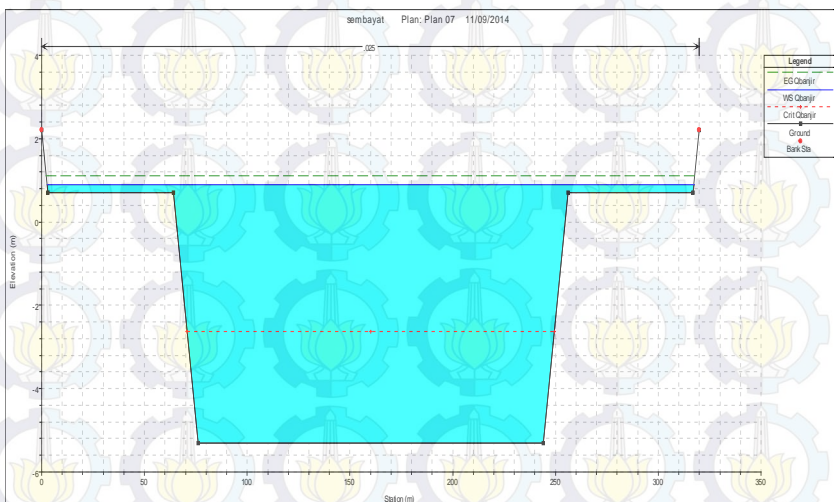


Gambar 4.11 Q Main Channel tanpa bendung titik 37

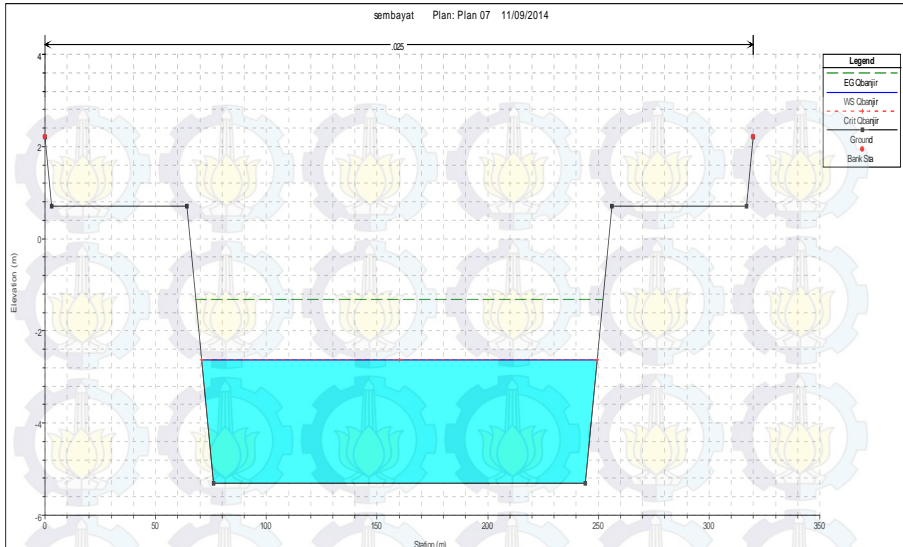


Gambar 4.12 Q Main Channel tanpa bendung titik 0

Dari data HEC-RAS pada gambar 4.12 dan gambar 4.13 nantinya akan dapat dibandingkan dengan Q banjir seperti pada gambar 4.14 dan gambar 4.15 dibawah :

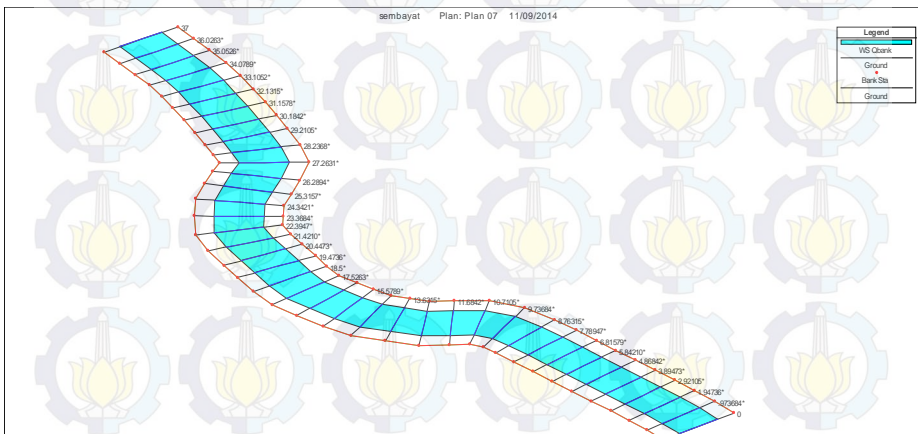


Gambar 4.13 Q banjir tanpa bendung titik 37

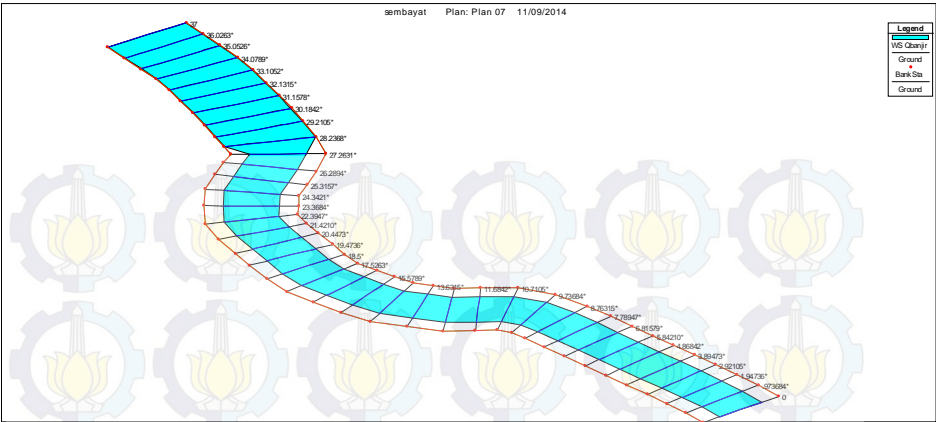


Gambar 4.14 Q banjir tanpa bendung titik 0

Untuk melihat perubahan antara hulu dan hilir bisa dilihat di perspective plot seperti gambar dibawah :



Gambar 4.15 Q Main Channel tanpa bendung



Gambar 4.16 Q banjir tanpa bendung

Sehingga didapat seperti tabel dibawah:

Tabel 4.2 Data tanpa bendung

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
smbyt	37	Q BANJIR	2530	-5.3	1.21		1.42	0.000425	2.04	1240.56	316.04	0.33
smbyt	37	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.56		1.47	0.000198	1.31	656.29	182.96	0.22
smbyt	36	Q BANJIR	2530	-5.3	1.16		1.38	0.000443	2.07	1225.01	315.84	0.33
smbyt	36	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.58		1.49	0.000202	1.32	652.42	182.88	0.22
smbyt	35	Q BANJIR	2530	-5.3	1.11		1.33	0.000463	2.09	1208.71	315.64	0.34
smbyt	35	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.6		1.51	0.000206	1.33	648.47	182.79	0.23
smbyt	34	Q BANJIR	2530	-5.3	1.05		1.28	0.000485	2.12	1191.57	315.42	0.35
smbyt	34	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.62		1.53	0.00021	1.34	644.45	182.7	0.23

Tabel Lanjutan 4.2 Data tanpa bendung

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	33	Q BANJIR	2530	-5.3	1		1.23	0.00051	2.16	1173.48	315.19	0.36
smbyt	33	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.65		1.56	0.000215	1.34	640.33	182.61	0.23
smbyt	32	Q BANJIR	2530	-5.3	0.94		1.18	0.000538	2.19	1154.31	314.95	0.37
smbyt	32	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.67		1.58	0.000219	1.35	636.13	182.52	0.23
smbyt	31	Q BANJIR	2530	-5.3	0.87		1.13	0.00057	2.23	1133.88	314.69	0.38
smbyt	31	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.69		-1.6	0.000224	1.36	631.84	182.42	0.23
smbyt	30	Q BANJIR	2530	-5.3	0.8		1.07	0.000608	2.28	1111.97	314.41	0.39
smbyt	30	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.72		1.62	0.000229	1.37	627.44	182.33	0.24
smbyt	29	Q BANJIR	2530	-5.3	0.73		1	0.000652	2.33	1088.15	314.1	0.4

Tabel Lanjutan 4.2 Data tanpa bendung

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	28	Q BANJIR	2530	-5.3	0.67		0.95	0.000355	2.35	1074.46	191.88	0.32
smbyt	28	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.77		- 1.67	0.00024	1.39	618.33	182.13	0.24
smbyt	27	Q BANJIR	2530	-5.3	0.63		0.92	0.000364	2.37	1066.72	191.72	0.32
smbyt	27	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.79		- 1.69	0.000246	1.4	613.6	182.02	0.24
smbyt	26	Q BANJIR	2530	-5.3	0.59		0.88	0.000372	2.39	1058.79	191.56	0.32
smbyt	26	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.82		- 1.72	0.000253	1.41	608.75	181.92	0.25
smbyt	25	Q BANJIR	2530	-5.3	0.55		0.84	0.000381	2.41	1050.64	191.39	0.33
smbyt	25	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.85		- 1.74	0.00026	1.43	603.76	181.81	0.25

Tabel Lanjutan 4.2 Data tanpa bendung

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	24	Q BANJIR	2530	-5.3	0.5		0.8	0.000391	2.43	1042.28	191.21	0.33
smbyt	24	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.88		1.77	0.000267	1.44	598.63	181.69	0.25
smbyt	23	Q BANJIR	2530	-5.3	0.46		0.76	0.000402	2.45	1033.68	191.03	0.34
smbyt	23	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.91		-1.8	0.000275	1.45	593.35	181.58	0.26
smbyt	22	Q BANJIR	2530	-5.3	0.41		0.72	0.000413	2.47	1024.83	190.85	0.34
smbyt	22	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.94		1.83	0.000283	1.46	587.9	181.46	0.26
smbyt	21	Q BANJIR	2530	-5.3	0.36		0.68	0.000425	2.49	1015.71	190.66	0.34
smbyt	21	Q MAIN	861.1	-5.3	-1.97		1.85	0.000292	1.48	582.28	181.33	0.26
smbyt	20	Q BANJIR	2530	-5.3	0.31		0.64	0.000437	2.51	1006.29	190.46	0.35

Tabel Lanjutan 4.2 Data tanpa bendung

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	19	Q BANJIR	2530	-5.3	0.26		0.59	0.000451	2.54	996.56	190.25	0.35
smbyt	19	Q MAIN	861.1	-5.3	-2.03		- 1.92	0.000312	1.51	570.45	181.07	0.27
smbyt	18	Q BANJIR	2530	-5.3	0.21		0.55	0.000466	2.56	986.48	190.04	0.36
smbyt	18	Q MAIN	861.1	-5.3	-2.07		- 1.95	0.000323	1.53	564.21	180.94	0.28
smbyt	17	Q BANJIR	2530	-5.3	0.16		0.5	0.000482	2.59	976.03	189.82	0.36
smbyt	17	Q MAIN	861.1	-5.3	-2.1		- 1.98	0.000335	1.54	557.72	180.79	0.28
smbyt	16	Q BANJIR	2530	-5.3	0.1		0.45	0.000499	2.62	965.17	189.59	0.37
smbyt	16	Q MAIN	861.1	-5.3	-2.14		- 2.01	0.000349	1.56	550.97	180.64	0.29

Tabel Lanjutan 4.2 Data tanpa bendung

[illegible]

Tabel Lanjutan 4.2 Data tanpa bendung

smbyt	11	Q BANJIR	2530	-5.3	-0.23		0.17	0.000617	2.8	902.72	188.27	0.41
smbyt	11	Q MAIN	861.1	-5.3	-2.36		-	0.000443	1.68	511.95	179.78	0.32
smbyt	10	Q BANJIR	2530	-5.3	-0.31		0.1	0.000651	2.85	888.04	187.96	0.42
smbyt	10	Q MAIN	861.1	-5.3	-2.41		-	0.000469	1.71	502.75	179.57	0.33
smbyt	9	Q BANJIR	2530	-5.3	-0.39		0.03	0.000689	2.9	872.37	187.62	0.43
smbyt	9	Q MAIN	861.1	-5.3	-2.46		-	0.0005	1.75	492.92	179.35	0.34
smbyt	8	Q BANJI	2530	-5.3	-0.48		-	0.000733	2.96	855.56	187.27	0.44
smbyt	8	Q MAIN	861.1	-5.3	-2.52		-	0.000537	1.79	482.28	179.12	0.35
smbyt	7	Q BANJIR	2530	-5.3	-0.58		-	0.000785	3.02	837.35	186.88	0.46

Tabel Lanjutan 4.2 Data tanpa bendung

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	6	Q BANJIR	2530	-5.3	-0.69		-0.2	0.000847	3.1	817.42	186.45	0.47
smbyt	6	Q MAIN	861.1	-5.3	-2.66		-	0.000635	1.88	458.01	178.57	0.37
smbyt	5	Q BANJIR	2530	-5.3	-0.81		-	0.000925	3.18	795.3	185.97	0.49
smbyt	5	Q MAIN	861.1	-5.3	-2.74		-	0.000703	1.94	443.83	178.25	0.39
smbyt	4	Q BANJIR	2530	-5.3	-0.94		-	0.001025	3.28	770.27	185.44	0.51
smbyt	4	Q MAIN	861.1	-5.3	-2.83		-	0.000794	2.01	427.69	177.89	0.41
smbyt	3	Q BANJIR	2530	-5.3	-1.1		-0.5	0.001159	3.41	741.14	184.81	0.54
smbyt	3	Q MAIN	861.1	-5.3	-2.93		-	0.00092	2.11	408.75	177.47	0.44

Tabel Lanjutan 4.2 Data tanpa bendung

							2.71					
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	2	Q BANJIR	2530	-5.3	-1.29		0.64	0.001357	3.59	705.6	184.03	0.58
smbyt	2	Q MAIN	861.1	-5.3	-3.07		2.81	0.001114	2.23	385.4	176.94	0.48
smbyt	1	Q BANJIR	2530	-5.3	-1.55	-2.49	-0.8	0.0017	3.85	657.92	183	0.65
smbyt	1	Q MAIN	861.1	-5.3	-3.25	-3.92	2.94	0.001476	2.44	353.57	176.22	0.55
smbyt	0	Q BANJIR	2530	-5.3	-2.49	-2.49	1.12	0.004477	5.19	487.5	179.23	1
smbyt	0	Q MAIN	861.1	-5.3	-3.92	-3.92	3.24	0.005622	3.66	235.07	173.51	1

Dari data penelitian diatas bahwa muka air dalam debit *Main Channel* masih tidak memenuhi tinggi muka air jagaan rencana yaitu 6m (EL.+0.7) dari dasar sungai sampai permukaan sungai pada stasiun 37, sehingga dapat di simpulkan bahwa padan geometri sembayat memerlukan bangunan penahan air untuk menjaga tinggi permukaan air.

$Q_{Main\ Channel\ sta\ 37}$: EL -1.55m

$Q_{banjir\ sta\ 37}$: EL +1.21m

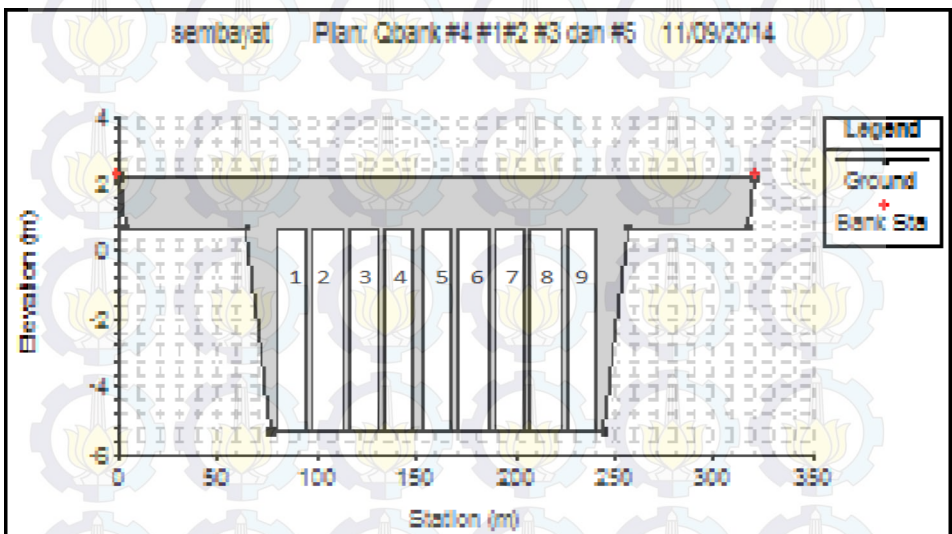
4.8.2 Sungai Menggunakan Bendung

Sama seperti sebelumnya untuk melihat kapasitas sungai dengan menggunakan bendung di program HEC-RAS hanya memasukan stuktur bendungnya di menu *inline structure* seperti gambar 4.18 dibawah:



Gambar 4.17 *Inline Structure*

Pada perencanaan yang terdapat pada tugas akhir bendung di letakan di stasiun titik 17.5, hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh bangunan air di hulu dan hilir. untuk itu dilakukan berbagai percobaan bukaan pintu dengan menggunakan HEC-RAS.



Gambar 4.18 Penomoran Pintu

Simulasi grup pintu

Grup 1 = 1 dan 9

Grup 2 = 2 dan 8

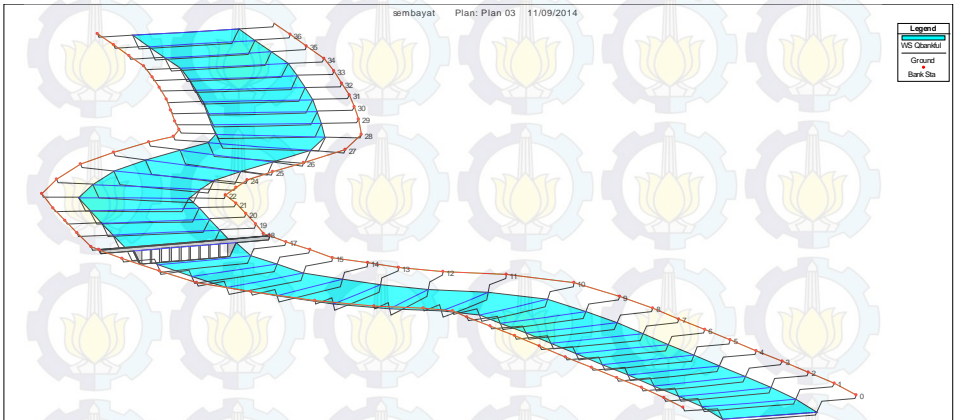
Grup 3 = 3 dan 7

Grup 4 = 4 dan 6

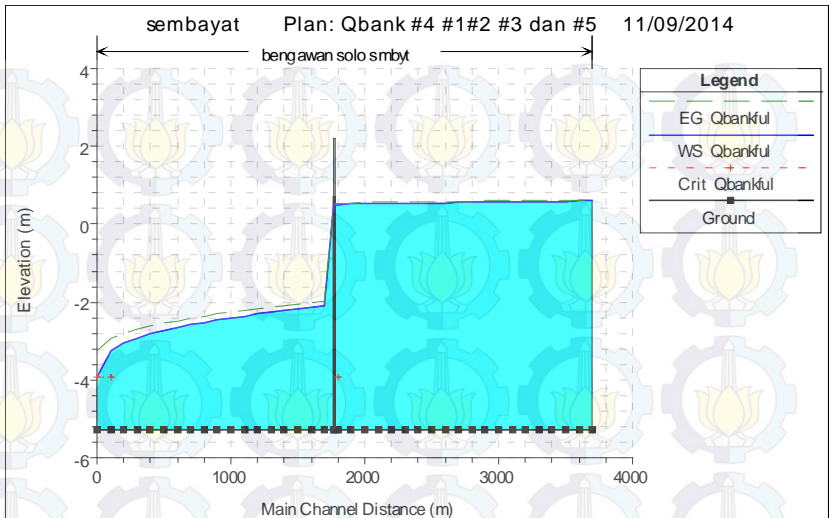
Grup 5 = 5

4.8.2.1 Simulasi Bukaannya Pintu Dalam Kondisi Main Channel

1. Percobaan pertama dilakukan dengan memasukan semua grup 1 sampai 5 (9pintu) dengan elevasi jagaan EL +0.7m pada sta 37.



Gambar 4.19 Q Main Channel menggunakan bendung 9 pintu



Gambar 4.20 Beda Elevasi Hulu dan Hilir menggunakan bendung

Jika dilihat secara lebih jelas dapat disimpulkan bahwa 9 pintu dibuka tidak efektif dalam pengoperasiannya, dari data HEC-RAS didapat bahwa :

Grup #1 dibuka dengan $H=0\text{m}$

Grup #2 dibuka dengan $H=0\text{m}$

Grup #3 dibuka dengan $H=0.8\text{m}$

Grup #4 dibuka dengan $H=6\text{m}$

Grup #5 dibuka dengan $H=0\text{m}$

Dengan hasil seperti ini dapat dikatakan 9 pintu tidak perlu dioperasikan seluruhnya dalam kondisi Q Main Channel.

Tabel 4.3 Data #3- #4dibuka

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
smbyt	37	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	2		2.15	0.000233	1.7	1491.65	319.2	0.25
smbyt	37	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.6		0.63	0.000043	0.81	1060.41	191.59	0.11
smbyt	36	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.98		2.12	0.000238	1.71	1483.6	319.1	0.25
smbyt	36	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.59		0.63	0.000043	0.81	1059.58	191.57	0.11
smbyt	35	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.95		2.1	0.000242	1.71	1475.4	319	0.25
smbyt	35	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.59		0.62	0.000043	0.81	1058.74	191.56	0.11
smbyt	34	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.92		2.07	0.000246	1.72	1467.04	318.89	0.26
smbyt	34	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.58		0.62	0.000043	0.81	1057.9	191.54	0.11
smbyt	33	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.9		2.05	0.000251	1.73	1458.51	318.79	0.26
smbyt	33	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.58		0.61	0.000043	0.81	1057.06	191.52	0.11

Tabel Lanjutan 4.3 Data #3 - #4dibuka

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	32	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.87		2.02	0.000256	1.75	1449.81	318.68	0.26
smbyt	32	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.58		0.61	0.000043	0.82	1056.22	191.5	0.11
smbyt	31	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.84		2	0.000261	1.76	1440.93	318.56	0.26
smbyt	31	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.57		0.61	0.000044	0.82	1055.38	191.49	0.11
smbyt	30	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.81		1.97	0.000267	1.77	1431.86	318.45	0.27
smbyt	30	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.57		0.6	0.000044	0.82	1054.53	191.47	0.11
smbyt	29	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.78		1.94	0.000272	1.78	1422.58	318.33	0.27
smbyt	29	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.56		0.6	0.000044	0.82	1053.68	191.45	0.11
smbyt	28	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.75		1.92	0.000278	1.79	1413.1	318.22	0.27
smbyt	28	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.56		0.59	0.000044	0.82	1052.83	191.43	0.11
smbyt	27	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.72		1.89	0.000285	1.8	1403.39	318.09	0.27

Tabel Lanjutan 4.3 Data #3 - #4dibuka

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	26	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.69		1.86	0.000291	1.82	1393.44	317.97	0.28
smbyt	26	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.55		0.58	0.000044	0.82	1051.13	191.4	0.11
smbyt	25	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.66		1.83	0.000298	1.83	1383.25	317.84	0.28
smbyt	25	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.55		0.58	0.000044	0.82	1050.27	191.38	0.11
smbyt	24	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.63		1.8	0.000306	1.84	1372.78	317.71	0.28
smbyt	24	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.54		0.57	0.000044	0.82	1049.41	191.36	0.11
smbyt	23	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.59		1.77	0.000314	1.86	1362.04	317.57	0.29
smbyt	23	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.54		0.57	0.000044	0.82	1048.55	191.34	0.11
smbyt	22	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.56		1.74	0.000322	1.87	1350.99	317.43	0.29
smbyt	22	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.53		0.57	0.000045	0.82	1047.68	191.33	0.11

Tabel Lanjutan 4.3 Data #3 - #4dibuka

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	21	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.53		-0.56	0.000045	0.82	1046.82	191.31	0.11
smbyt	20	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.49		1.67	0.000341	1.91	1327.9	317.14	0.3
smbyt	20	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.52		0.56	0.000045	0.82	1045.95	191.29	0.11
smbyt	19	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.45		1.64	0.000351	1.92	1315.81	316.99	0.3
smbyt	19	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.52		0.55	0.000045	0.82	1045.08	191.27	0.11
smbyt	18	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	1.41	-2.48	1.6	0.000362	1.94	1303.24	316.83	0.31
smbyt	18	<i>Qmain</i>	861	-5.3	0.51	-3.92	0.55	0.000045	0.82	1044.21	191.25	0.11
smbyt	17.5	Inl Struct										
smbyt	17	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	0.15		0.5	0.000482	2.59	975.92	189.82	0.36
smbyt	17	<i>Qmain</i>	861	-5.3	-2.1		-1.98	0.000335	1.54	557.69	180.79	0.28

Tabel Lanjutan 4.3 Data #3- #4dibuka

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	16	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	0.1		-0.45	0.000499	2.62	965.05	189.59	0.37
smbyt	16	<i>Qmain</i>	861	-5.3	-2.14		-2.01	0.000349	1.56	550.93	180.64	0.29
smbyt	15	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	0.04		0.4	0.000518	2.65	953.73	189.35	0.38
smbyt	15	<i>Qmain</i>	861	-5.3	-2.18		-2.05	0.000364	1.58	543.88	180.49	0.29
smbyt	14	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	-0.02		0.34	0.000539	2.69	941.91	189.1	0.38
smbyt	14	<i>Qmain</i>	861	-5.3	-2.22		-2.09	0.00038	1.6	536.5	180.32	0.3
smbyt	13	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	-0.09		0.29	0.000563	2.72	929.54	188.84	0.39
smbyt	13	<i>Qmain</i>	861	-5.3	-2.26		-2.13	0.000399	1.63	528.74	180.15	0.3
smbyt	12	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	-0.16		0.23	0.000589	2.76	916.42	188.56	0.4
smbyt	12	<i>Qmain</i>	861	-5.3	-2.31		-2.17	0.000419	1.65	520.57	179.97	0.31
smbyt	11	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	-0.23		0.17	0.000618	2.8	902.57	188.27	0.41

Tabel Lanjutan 4.3 Data #3- #4dibuka

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	10	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	-0.31		0.1	0.000651	2.85	887.88	187.95	0.42
smbyt	10	<i>Qmain</i>	861	-5.3	-2.41		-2.26	0.000469	1.71	502.72	179.57	0.33
smbyt	9	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	-0.39		0.03	0.000689	2.9	872.21	187.62	0.43
smbyt	9	<i>Qmain</i>	861	-5.3	-2.46		-2.31	0.0005	1.75	492.89	179.35	0.34
smbyt	8	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	-0.48		-0.04	0.000733	2.96	855.38	187.26	0.44
smbyt	8	<i>Qmain</i>	861	-5.3	-2.52		-2.36	0.000537	1.79	482.25	179.11	0.35
smbyt	7	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	-0.58		-0.12	0.000785	3.02	837.15	186.87	0.46
smbyt	7	<i>Qmain</i>	861	-5.3	-2.59		-2.42	0.000581	1.83	470.69	178.86	0.36
smbyt	6	<i>Qbanjir</i>	2530	-5.3	-0.69		-0.2	0.000848	3.1	817.2	186.44	0.47
smbyt	6	<i>Qmain</i>	861	-5.3	-2.66		-2.48	0.000635	1.88	457.98	178.57	0.37

Tabel Lanjutan 4.3 Data #3- #4dibuka

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	5	Qmain	861	-5.3	-2.74		-2.54	0.000703	1.94	443.8	178.25	0.39
smbyt	4	Qbanjir	2530	-5.3	-0.94		-0.39	0.001026	3.29	770	185.43	0.51
smbyt	4	Qmain	861	-5.3	-2.83		-2.62	0.000793	2.01	427.66	177.89	0.41
smbyt	3	Qbanjir	2530	-5.3	-1.1		-0.51	0.001161	3.42	740.81	184.8	0.54
smbyt	3	Qmain	861	-5.3	-2.93		-2.71	0.00092	2.11	408.72	177.46	0.44
smbyt	2	Qbanjir	2530	-5.3	-1.29		-0.64	0.00136	3.59	705.18	184.03	0.59
smbyt	2	Qmain	861	-5.3	-3.07		-2.81	0.001114	2.23	385.37	176.94	0.48
smbyt	1	Qbanjir	2530	-5.3	-1.55	-2.48	-0.8	0.001704	3.85	657.44	182.99	0.65
smbyt	1	Qmain	861	-5.3	-3.25	-3.92	-2.94	0.001476	2.44	353.54	176.22	0.55
smbyt	0	Qbanjir	2530	-5.3	-2.48	-2.48	-1.12	0.004435	5.17	488.95	179.26	1
smbyt	0	Qmain	861	-5.3	-3.92	-3.92	-3.24	0.005623	3.66	235.05	173.51	1

2.Percobaan kedua dilakukan dengan memasukan grup 4 sampai 5 (3pintu) dengan elevasi jagaan +0.6m.

Grup #4 dibuka dengan $H=6m$

Grup #5 dibuka dengan $H=1.59m$

Dengan hasil seperti ini dapat dikatakan 3 pintu akan lebih mudah pengoprasiannya dalam kondisi Q Main Channel.

Tabel 4.4 Data #4 dan #5 dibuka

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
smbyt	37	Qbanjir	2530	-5.3	2		2.15	0.000233	1.7	1491.65	319.2	0.25
smbyt	37	Qmain	861	-5.3	0.6		0.63	0.000043	0.81	1060.88	191.6	0.11
smbyt	36	Qbanjir	2530	-5.3	1.98		2.12	0.000238	1.71	1483.6	319.1	0.25
smbyt	36	Qmain	861	-5.3	0.6		0.63	0.000043	0.81	1060.05	191.58	0.11
smbyt	35	Qbanjir	2530	-5.3	1.95		2.1	0.000242	1.71	1475.4	319	0.25
smbyt	35	Qmain	861	-5.3	0.59		0.63	0.000043	0.81	1059.21	191.57	0.11
smbyt	34	Qbanjir	2530	-5.3	1.92		2.07	0.000246	1.72	1467.04	318.89	0.26
smbyt	34	Qmain	861	-5.3	0.59		0.62	0.000043	0.81	1058.37	191.55	0.11
smbyt	33	Qbanjir	2530	-5.3	1.9		2.05	0.000251	1.73	1458.51	318.79	0.26
smbyt	33	Qmain	861	-5.3	0.58		0.62	0.000043	0.81	1057.53	191.53	0.11

Tabel Lanjutan 4.4 Data #4 dan #5

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	32	Qbanjir	2530	-5.3	1.87		2.02	0.000256	1.75	1449.81	318.68	0.26
smbyt	32	Qmain	861	-5.3	0.58		0.61	0.000043	0.81	1056.69	191.51	0.11
smbyt	31	Qbanjir	2530	-5.3	1.84		2	0.000261	1.76	1440.93	318.56	0.26
smbyt	31	Qmain	861	-5.3	0.57		0.61	0.000043	0.82	1055.85	191.5	0.11
smbyt	30	Qbanjir	2530	-5.3	1.81		1.97	0.000267	1.77	1431.86	318.45	0.27
smbyt	30	Qmain	861	-5.3	0.57		0.6	0.000044	0.82	1055.01	191.48	0.11
smbyt	29	Qbanjir	2530	-5.3	1.78		1.94	0.000272	1.78	1422.58	318.33	0.27
smbyt	29	Qmain	861	-5.3	0.57		0.6	0.000044	0.82	1054.16	191.46	0.11
smbyt	28	Qbanjir	2530	-5.3	1.75		1.92	0.000278	1.79	1413.1	318.22	0.27
smbyt	28	Qmain	861	-5.3	0.56		0.59	0.000044	0.82	1053.31	191.44	0.11

Tabel Lanjutan 4.4 Data #4 dan #5

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	27	Qbanjir	2530	-5.3	1.72		1.89	0.000285	1.8	1403.39	318.09	0.27
smbyt	27	Qmain	861	-5.3	0.56		0.59	0.000044	0.82	1052.46	191.43	0.11
smbyt	26	Qbanjir	2530	-5.3	1.69		1.86	0.000291	1.82	1393.44	317.97	0.28
smbyt	26	Qmain	861	-5.3	0.55		0.59	0.000044	0.82	1051.6	191.41	0.11
smbyt	25	Qbanjir	2530	-5.3	1.66		1.83	0.000298	1.83	1383.25	317.84	0.28
smbyt	25	Qmain	861	-5.3	0.55		0.58	0.000044	0.82	1050.75	191.39	0.11
smbyt	24	Qbanjir	2530	-5.3	1.63		1.8	0.000306	1.84	1372.78	317.71	0.28
smbyt	24	Qmain	861	-5.3	0.54		0.58	0.000044	0.82	1049.89	191.37	0.11
smbyt	23	Qbanjir	2530	-5.3	1.59		1.77	0.000314	1.86	1362.04	317.57	0.29
smbyt	23	Qmain	861	-5.3	0.54		0.57	0.000044	0.82	1049.03	191.35	0.11

Tabel Lanjutan 4.4 Data #4 dan #5

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	22	Qbanjir	2530	-5.3	1.56		1.74	0.000322	1.87	1350.99	317.43	0.29
smbyt	22	Qmain	861	-5.3	0.53		0.57	0.000045	0.82	1048.17	191.34	0.11
smbyt	21	Qbanjir	2530	-5.3	1.52		1.7	0.000331	1.89	1339.62	317.29	0.29
smbyt	21	Qmain	861	-5.3	0.53		0.56	0.000045	0.82	1047.3	191.32	0.11
smbyt	20	Qbanjir	2530	-5.3	1.49		1.67	0.000341	1.91	1327.9	317.14	0.3
smbyt	20	Qmain	861	-5.3	0.53		0.56	0.000045	0.82	1046.44	191.3	0.11
smbyt	19	Qbanjir	2530	-5.3	1.45		1.64	0.000351	1.92	1315.81	316.99	0.3
smbyt	19	Qmain	861	-5.3	0.52		0.56	0.000045	0.82	1045.57	191.28	0.11
smbyt	18	Qbanjir	2530	-5.3	1.41	-2.48	1.6	0.000362	1.94	1303.24	316.83	0.31
smbyt	18	Qmain	861	-5.3	0.52	-3.92	0.55	0.000045	0.82	1044.7	191.26	0.11

Tabel Lanjutan 4.4 Data #4 dan #5

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	17.5		Inl Struct									
smbyt	17	Qbanjir	2530	-5.3	0.15		0.5	0.000482	2.59	975.92	189.82	0.36
smbyt	17	Qmain	861	-5.3	-2.1		-1.98	0.000335	1.54	557.69	180.79	0.28
smbyt	16	Qbanjir	2530	-5.3	0.1		0.45	0.000499	2.62	965.05	189.59	0.37
smbyt	16	Qmain	861	-5.3	-2.14		-2.01	0.000349	1.56	550.93	180.64	0.29
smbyt	15	Qbanjir	2530	-5.3	0.04		0.4	0.000518	2.65	953.73	189.35	0.38
smbyt	15	Qmain	861	-5.3	-2.18		-2.05	0.000364	1.58	543.88	180.49	0.29
smbyt	14	Qbanjir	2530	-5.3	-0.02		0.34	0.000539	2.69	941.91	189.1	0.38
smbyt	14	Qmain	861	-5.3	-2.22		-2.09	0.00038	1.6	536.5	180.32	0.3

Tabel Lanjutan 4.4 Data #4 dan #5

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	13	Qbanjir	2530	-5.3	-0.09		0.29	0.000563	2.72	929.54	188.84	0.39
smbyt	13	Qmain	861	-5.3	-2.26		-2.13	0.000399	1.63	528.74	180.15	0.3
smbyt	12	Qbanjir	2530	-5.3	-0.16		0.23	0.000589	2.76	916.42	188.56	0.4
smbyt	12	Qmain	861	-5.3	-2.31		-2.17	0.000419	1.65	520.57	179.97	0.31
smbyt	11	Qbanjir	2530	-5.3	-0.23		0.17	0.000618	2.8	902.57	188.27	0.41
smbyt	11	Qmain	861	-5.3	-2.36		-2.21	0.000443	1.68	511.92	179.78	0.32
smbyt	10	Qbanjir	2530	-5.3	-0.31		0.1	0.000651	2.85	887.88	187.95	0.42
smbyt	10	Qmain	861	-5.3	-2.41		-2.26	0.000469	1.71	502.72	179.57	0.33
smbyt	9	Qbanjir	2530	-5.3	-0.39		0.03	0.000689	2.9	872.21	187.62	0.43
smbyt	9	Qmain	861	-5.3	-2.46		-2.31	0.0005	1.75	492.89	179.35	0.34

Tabel Lanjutan 4.4 Data #4 dan #5

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	8	Qbanjir	2530	-5.3	-0.48		-0.04	0.000733	2.96	855.38	187.26	0.44
smbyt	8	Qmain	861	-5.3	-2.52		-2.36	0.000537	1.79	482.25	179.11	0.35
smbyt	7	Qbanjir	2530	-5.3	-0.58		-0.12	0.000785	3.02	837.15	186.87	0.46
smbyt	7	Qmain	861	-5.3	-2.59		-2.42	0.000581	1.83	470.69	178.86	0.36
smbyt	6	Qbanjir	2530	-5.3	-0.69		-0.2	0.000848	3.1	817.2	186.44	0.47
smbyt	6	Qmain	861	-5.3	-2.66		-2.48	0.000635	1.88	457.98	178.57	0.37
smbyt	5	Qbanjir	2530	-5.3	-0.81		-0.29	0.000926	3.18	795.06	185.97	0.49
smbyt	5	Qmain	861	-5.3	-2.74		-2.54	0.000703	1.94	443.8	178.25	0.39
smbyt	4	Qbanjir	2530	-5.3	-0.94		-0.39	0.001026	3.29	770	185.43	0.51
smbyt	4	Qmain	861	-5.3	-2.83		-2.62	0.000793	2.01	427.66	177.89	0.41

Tabel Lanjutan 4.4 Data #4 dan #5

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	3	Qbanjir	2530	-5.3	-1.1		-0.51	0.001161	3.42	740.81	184.8	0.54
smbyt	3	Qmain	861	-5.3	-2.93		-2.71	0.00092	2.11	408.72	177.46	0.44
smbyt	2	Qbanjir	2530	-5.3	-1.29		-0.64	0.00136	3.59	705.18	184.03	0.59
smbyt	2	Qmain	861	-5.3	-3.07		-2.81	0.001114	2.23	385.37	176.94	0.48
smbyt	1	Qbanjir	2530	-5.3	-1.55	-2.48	-0.8	0.001704	3.85	657.44	182.99	0.65
smbyt	1	Qmain	861	-5.3	-3.25	-3.92	-2.94	0.001476	2.44	353.54	176.22	0.55
smbyt	0	Qbanjir	2530	-5.3	-2.48	-2.48	-1.12	0.004435	5.17	488.95	179.26	1
smbyt	0	Qmain	861	-5.3	-3.92	-3.92	-3.24	0.005623	3.66	235.05	173.51	1

4.8.2.2 Simulasi Buka-an Pintu Dalam Kondisi Banjir

3. Percobaan ketiga dilakukan dengan memasukan semua grup 1 sampai 5 (9pintu) dengan elevasi jagaan +2 m dengan kondisi Q banjir

Grup #1 dibuka dengan $H=6$ m

Grup #2 dibuka dengan $H=6$ m

Grup #3 dibuka dengan $H=6$ m

Grup #4 dibuka dengan $H=0.29$ m

Grup #5 dibuka dengan $H=0$ m

Dengan hasil tersebut ternyata terdapat pintu yang tidak perlu dibuka yaitu pintu no.5, hasil tersebut dikatakan lebih efektif dari pada dilakukan seluruh pintu, hasil tersebut dianalisa melalui program HEC-RAS.

Tabel 4.5 Data semua pintu dibuka

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
smbyt	37	Qbanjir	2530	-5.3	2		2.15	0.000233	1.7	1491.65	319.2	0.25
smbyt	37	Qmain	861	-5.3	0.6		0.63	0.000043	0.81	1060.41	191.59	0.11
smbyt	36	Qbanjir	2530	-5.3	1.98		2.12	0.000238	1.71	1483.6	319.1	0.25
smbyt	36	Qmain	861	-5.3	0.59		0.63	0.000043	0.81	1059.58	191.57	0.11
smbyt	35	Qbanjir	2530	-5.3	1.95		2.1	0.000242	1.71	1475.4	319	0.25
smbyt	35	Qmain	861	-5.3	0.59		0.62	0.000043	0.81	1058.74	191.56	0.11
smbyt	34	Qbanjir	2530	-5.3	1.92		2.07	0.000246	1.72	1467.04	318.89	0.26
smbyt	34	Qmain	861	-5.3	0.58		0.62	0.000043	0.81	1057.9	191.54	0.11
smbyt	33	Qbanjir	2530	-5.3	1.9		2.05	0.000251	1.73	1458.51	318.79	0.26
smbyt	33	Qmain	861	-5.3	0.58		0.61	0.000043	0.81	1057.06	191.52	0.11

Tabel Lanjutan 4.5 Data semua pintu dibuka

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	32	Qbanjir	2530	-5.3	1.87		2.02	0.000256	1.75	1449.81	318.68	0.26
smbyt	32	Qmain	861	-5.3	0.58		0.61	0.000043	0.82	1056.22	191.5	0.11
smbyt	31	Qbanjir	2530	-5.3	1.84		2	0.000261	1.76	1440.93	318.56	0.26
smbyt	31	Qmain	861	-5.3	0.57		0.61	0.000044	0.82	1055.38	191.49	0.11
smbyt	30	Qbanjir	2530	-5.3	1.81		1.97	0.000267	1.77	1431.86	318.45	0.27
smbyt	30	Qmain	861	-5.3	0.57		0.6	0.000044	0.82	1054.53	191.47	0.11
smbyt	29	Qbanjir	2530	-5.3	1.78		1.94	0.000272	1.78	1422.58	318.33	0.27
smbyt	29	Qmain	861	-5.3	0.56		0.6	0.000044	0.82	1053.68	191.45	0.11
smbyt	28	Qbanjir	2530	-5.3	1.75		1.92	0.000278	1.79	1413.1	318.22	0.27
smbyt	28	Qmain	861	-5.3	0.56		0.59	0.000044	0.82	1052.83	191.43	0.11

Tabel Lanjutan 4.5 Data semua pintu

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	27	Qbanjir	2530	-5.3	1.72		1.89	0.000285	1.8	1403.39	318.09	0.27
smbyt	27	Qmain	861	-5.3	0.55		0.59	0.000044	0.82	1051.98	191.42	0.11
smbyt	26	Qbanjir	2530	-5.3	1.69		1.86	0.000291	1.82	1393.44	317.97	0.28
smbyt	26	Qmain	861	-5.3	0.55		0.58	0.000044	0.82	1051.13	191.4	0.11
smbyt	25	Qbanjir	2530	-5.3	1.66		1.83	0.000298	1.83	1383.25	317.84	0.28
smbyt	25	Qmain	861	-5.3	0.55		0.58	0.000044	0.82	1050.27	191.38	0.11
smbyt	24	Qbanjir	2530	-5.3	1.63		1.8	0.000306	1.84	1372.78	317.71	0.28
smbyt	24	Qmain	861	-5.3	0.54		0.57	0.000044	0.82	1049.41	191.36	0.11
smbyt	23	Qbanjir	2530	-5.3	1.59		1.77	0.000314	1.86	1362.04	317.57	0.29
smbyt	23	Qmain	861	-5.3	0.54		0.57	0.000044	0.82	1048.55	191.34	0.11

Tabel Lanjutan 4.5 Data semua pintu

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	22	Qbanjir	2530	-5.3	1.56		1.74	0.000322	1.87	1350.99	317.43	0.29
smbyt	22	Qmain	861	-5.3	0.53		0.57	0.000045	0.82	1047.68	191.33	0.11
smbyt	21	Qbanjir	2530	-5.3	1.52		1.7	0.000331	1.89	1339.62	317.29	0.29
smbyt	21	Qmain	861	-5.3	0.53		0.56	0.000045	0.82	1046.82	191.31	0.11
smbyt	20	Qbanjir	2530	-5.3	1.49		1.67	0.000341	1.91	1327.9	317.14	0.3
smbyt	20	Qmain	861	-5.3	0.52		0.56	0.000045	0.82	1045.95	191.29	0.11
smbyt	19	Qbanjir	2530	-5.3	1.45		1.64	0.000351	1.92	1315.81	316.99	0.3
smbyt	19	Qmain	861	-5.3	0.52		0.55	0.000045	0.82	1045.08	191.27	0.11
smbyt	18	Qbanjir	2530	-5.3	1.41	-2.48	1.6	0.000362	1.94	1303.24	316.83	0.31
smbyt	18	Qmain	861	-5.3	0.51	-3.92	0.55	0.000045	0.82	1044.21	191.25	0.11

Tabel Lanjutan 4.5 Data semua pintu

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	17.5		Inl Struct									
smbyt	17	Qbanjir	2530	-5.3	0.15		0.5	0.000482	2.59	975.92	189.82	0.36
smbyt	17	Qmain	861	-5.3	-2.1		-1.98	0.000335	1.54	557.69	180.79	0.28
smbyt	16	Qbanjir	2530	-5.3	0.1		0.45	0.000499	2.62	965.05	189.59	0.37
smbyt	16	Qmain	861	-5.3	-2.14		-2.01	0.000349	1.56	550.93	180.64	0.29
smbyt	15	Qbanjir	2530	-5.3	0.04		0.4	0.000518	2.65	953.73	189.35	0.38
smbyt	15	Qmain	861	-5.3	-2.18		-2.05	0.000364	1.58	543.88	180.49	0.29
smbyt	14	Qbanjir	2530	-5.3	-0.02		0.34	0.000539	2.69	941.91	189.1	0.38
smbyt	14	Qmain	861	-5.3	-2.22		-2.09	0.00038	1.6	536.5	180.32	0.3

Tabel Lanjutan 4.5 Data semua pintu

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	13	Qbanjir	2530	-5.3	-0.09		0.29	0.000563	2.72	929.54	188.84	0.39
smbyt	13	Qmain	861	-5.3	-2.26		-2.13	0.000399	1.63	528.74	180.15	0.3
smbyt	12	Qbanjir	2530	-5.3	-0.16		0.23	0.000589	2.76	916.42	188.56	0.4
smbyt	12	Qmain	861	-5.3	-2.31		-2.17	0.000419	1.65	520.57	179.97	0.31
smbyt	11	Qbanjir	2530	-5.3	-0.23		0.17	0.000618	2.8	902.57	188.27	0.41
smbyt	11	Qmain	861	-5.3	-2.36		-2.21	0.000443	1.68	511.92	179.78	0.32
smbyt	10	Qbanjir	2530	-5.3	-0.31		0.1	0.000651	2.85	887.88	187.95	0.42
smbyt	10	Qmain	861	-5.3	-2.41		-2.26	0.000469	1.71	502.72	179.57	0.33
smbyt	9	Qbanjir	2530	-5.3	-0.39		0.03	0.000689	2.9	872.21	187.62	0.43
smbyt	9	Qmain	861	-5.3	-2.46		-2.31	0.0005	1.75	492.89	179.35	0.34

Tabel Lanjutan 4.5 Data semua pintu

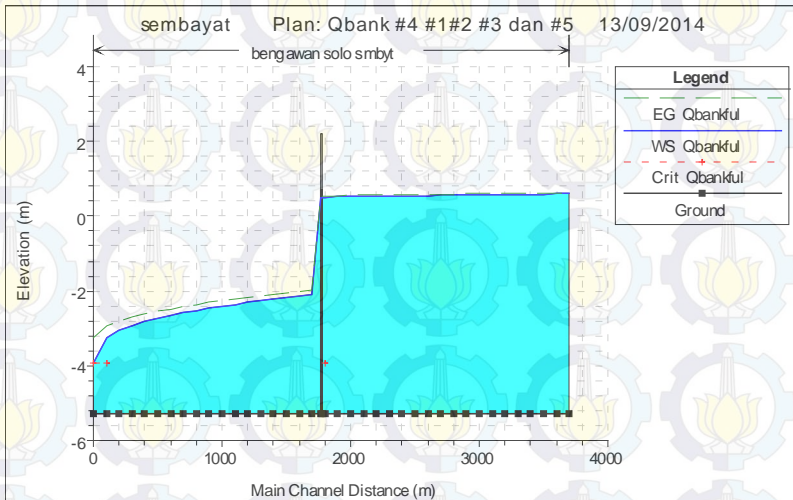
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	8	Qbanjir	2530	-5.3	-0.48		-0.04	0.000733	2.96	855.38	187.26	0.44
smbyt	8	Qmain	861	-5.3	-2.52		-2.36	0.000537	1.79	482.25	179.11	0.35
smbyt	7	Qbanjir	2530	-5.3	-0.58		-0.12	0.000785	3.02	837.15	186.87	0.46
smbyt	7	Qmain	861	-5.3	-2.59		-2.42	0.000581	1.83	470.69	178.86	0.36
smbyt	6	Qbanjir	2530	-5.3	-0.69		-0.2	0.000848	3.1	817.2	186.44	0.47
smbyt	6	Qmain	861	-5.3	-2.66		-2.48	0.000635	1.88	457.98	178.57	0.37
smbyt	5	Qbanjir	2530	-5.3	-0.81		-0.29	0.000926	3.18	795.06	185.97	0.49
smbyt	5	Qmain	861	-5.3	-2.74		-2.54	0.000703	1.94	443.8	178.25	0.39
smbyt	4	Qbanjir	2530	-5.3	-0.94		-0.39	0.001026	3.29	770	185.43	0.51
smbyt	4	Qmain	861	-5.3	-2.83		-2.62	0.000793	2.01	427.66	177.89	0.41

Tabel Lanjutan 4.5 Data semua pintu

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
smbyt	3	Qbanjir	2530	-5.3	-1.1		-0.51	0.001161	3.42	740.81	184.8	0.54
smbyt	3	Qmain	861	-5.3	-2.93		-2.71	0.00092	2.11	408.72	177.46	0.44
smbyt	2	Qbanjir	2530	-5.3	-1.29		-0.64	0.00136	3.59	705.18	184.03	0.59
smbyt	2	Qmain	861	-5.3	-3.07		-2.81	0.001114	2.23	385.37	176.94	0.48
smbyt	1	Qbanjir	2530	-5.3	-1.55	-2.48	-0.8	0.001704	3.85	657.44	182.99	0.65
smbyt	1	Qmain	861	-5.3	-3.25	-3.92	-2.94	0.001476	2.44	353.54	176.22	0.55
smbyt	0	Qbanjir	2530	-5.3	-2.48	-2.48	-1.12	0.004435	5.17	488.95	179.26	1
smbyt	0	Qmain	861	-5.3	-3.92	-3.92	-3.24	0.005623	3.66	235.05	173.51	1

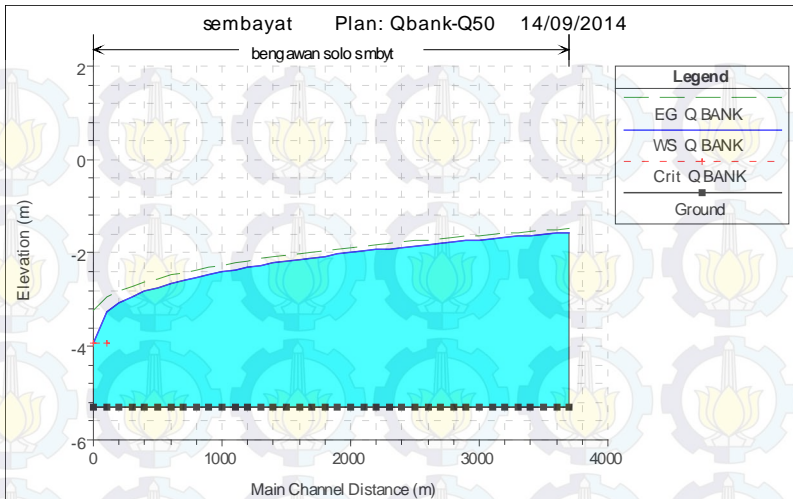
4.8.3 Kesimpulan Data HEC-RAS

Dari hasil-hasil percobaan diatas dapat disimpulkan terdapat pengaruh yang cukup jauh antara tidak adanya bendung dan adanya bendung, antara lain perubahan kecepatan (V) dan *Froude number* (fr) hal ini sehingga didapat pada pada titik 37 tanpa bendung water surface berada di elevasi EL+1.21 m saat banjir dan EL -1.56 m saat normal, sedangkan jika ada bendung pada titik 37 berada di EL =2.00 m saat banjir dan EL+0.6 saat normal,



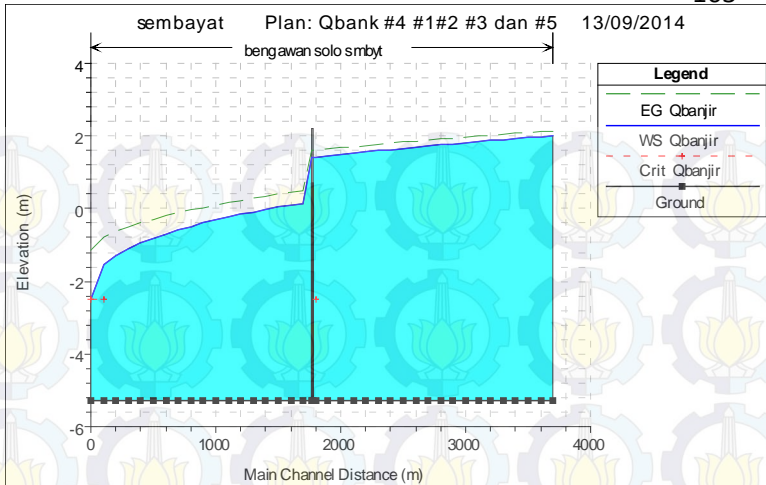
Gambar 4.21 Qmain channel berbendung

Gambar 4.21 menunjukkan keadaan debit main channel dengan menggunakan bendung dapat menjaga elevasi muka air di elevasi rencana EL + 0.7



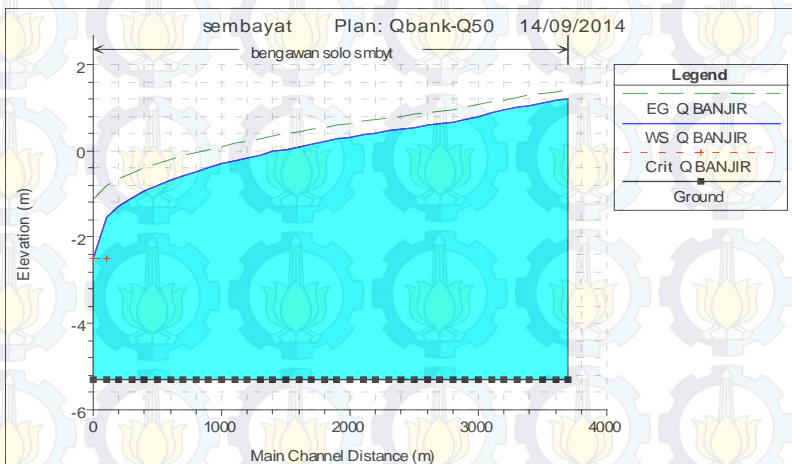
Gambar 4.22 Qmain channel tanpa bendung

Gambar 4.22 menunjukkan pada keadaan debit main channel tanpa bendung tidak dapat memenuhi perencanaan elevasi muka air



Gambar 4.23 Qbanjir berbendung

Gambar 4.23 menunjukkan keadaan jika terjadi banjir dengan menggunakan bendung dengan keadaan pintu dibuka penuh tidak terjadi limpahan di atas pintu.



Gambar 4.24 Qbanjir tanpa bendung

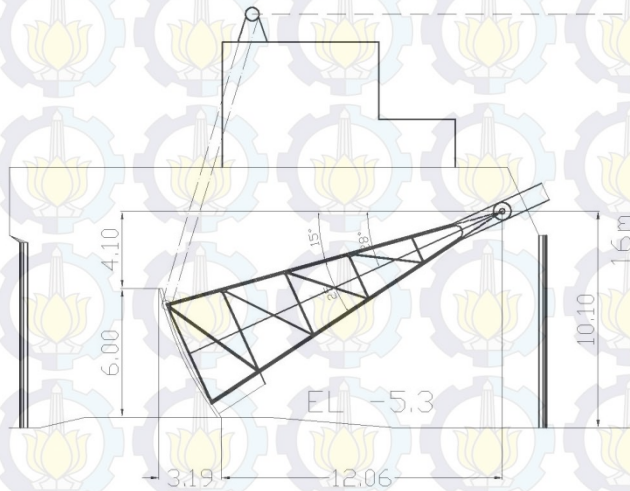
Gambar 4.24 menunjukkan kondisi banjir tanpa menggunakan bendung, elevasi muka air sungai tanpa bendung lebih rendah jika dibandingkan dengan sungai berbendung hal ini disebabkan berkurangnya lebar sungai akibat adanya pilar bendung

Secara keseluruhan gambar diatas dapat dilihat dalam kondisi berbendung dan tanpa bendung ternyata dalam kondisi banjir pun masih dikatakan aman tidak sampai meluber melewati tanggul yang telah direncanakan.

Secara fungsi dibangunnya bendung gerak dikarenakan apabila sungai bengawan solo mengalami kekeringan maka bendung dapat menahan laju air dan menjadikan sungai sebagai long storage disaat musim kering atau kemarau, bendung akan dibuka seluruhnya apa bila Q banjir melewati bendung sehingga sungai akan berfungsi normal tanpa adanya penghalang.

4.9 Pembebanan dan Pemilihan Material

4.9.1 Beban Normal



Gambar 4.25 Dimensi Pintu

- *Horizontal Hydrostatic Load*

$$PH = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \omega \quad \dots\dots\dots (4.18)$$

$$\begin{aligned} PH &= \frac{1}{2} \cdot 6^2 \cdot 1,00 \\ &= 18 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

PH = *Hydrostatic Horizontal Load*

H = *Desain Head* = 6m

ω = *Specifyc Gravity* = 1.00 (tf/m³)

- *Vertical Hydrostatic Load*

$$P_v = \frac{1}{2} \cdot (L \cdot H) + \frac{R \cdot 2}{2} + \left(\frac{\theta 1}{180^\circ} \cdot \pi - \sin \theta 1 \right) \cdot \omega \dots\dots\dots (4.19)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (3.13 \times 6) + \frac{15.7336 \times 2}{2} + \left(\frac{25}{180^\circ} \cdot \pi - \sin 25 \right) \cdot 1$$

$$= 9.496 \text{ tf/m}$$

- *Combinasi Load*

$$P = \sqrt{PH^2 + PV^2} \dots\dots\dots (4.20)$$

$$= \sqrt{18^2 + 9.496^2}$$

$$= 20.351 \text{ tf/m}$$

- *Direction of Combine Load*

$$\theta = \tan^{-1} (PV / PH) \dots\dots\dots (4.21)$$

$$= \tan^{-1} (9.496 / 18)$$

$$= 27.8141^\circ$$

$$= \frac{27.8141^\circ}{180^\circ} \times \pi$$

$$= 0.4852 \text{ rad}$$

- *Wave Height Due to Earthquake*

$$h_e = \frac{k \cdot \tau}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{g \cdot H_2} \dots\dots\dots (4.22)$$

Dimana

k = Intensitas Seismic : 0.09

τ = Periode Gempa = 1 detik

g = 9.8 m/s

H₂ = 5.9 m (diasumsi dari tinggi

sebenarnya 6 m)

$$h_e = \frac{0.09 \times 1.0}{2 \times \pi} \cdot \sqrt{9.8 \cdot 5.9}$$

$$= 0.108 \text{ m}$$

4.9.2 Horizontal Load Saat Gempa

- Hydrostatoc Load

Dipakai H₁ = 5.9 + 0.018 m

H₂ = 5.9 m

H₃ = 0.008 m

$$PH_s = \frac{1}{2} (H_1^2 - H_3^2) \cdot \omega \dots\dots\dots (4.23)$$

$$= \frac{1}{2} (6.008^2 - 0.008^2) \cdot 1.00$$

$$= 18.048 \text{ tf/m}$$

- Hydrodinamic Load

$$PH_d = \frac{7}{12} \cdot k \cdot H^{3/2} \cdot H_2^{1/2} \cdot \omega \dots\dots\dots (4.24)$$

$$= \frac{7}{12} \times 0.09 \times 5.9^{3/2} \times 5.9^{1/2} \times 1$$

$$= 1.8275 \text{ tf/m}$$

- Inersia Force

$$\begin{aligned} P1 &= Wg \cdot k \dots\dots\dots (4.25) \\ &= 20.351 \times 0.09 \\ &= 1.83159 \text{ tf} \end{aligned}$$

Dimana Wg : Beban Mati = 20.351 tf

4.9.3 Vertical Load Saat Gempa

- Hydrostatic Load

$$\begin{aligned} PVs &= \\ &\frac{1}{2} \cdot (L \cdot H) + \frac{R \cdot 2}{2} \cdot \left(\frac{\theta 1}{180^\circ} \cdot \pi \cdot \sin \theta 1 \right) \cdot \omega \dots\dots (4.26) \\ &= \frac{1}{2} \cdot (3.13 \times 6.008) + \\ &\frac{15.7336 \times 2}{2} \cdot \left(\frac{25^\circ}{180^\circ} \cdot \pi \cdot \sin 25^\circ \right) \times 1 \\ &= 12.3023 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

- Hydrodinamic Load

$$\begin{aligned} PVd &= \frac{PHd}{PHs} \cdot PVs \dots\dots\dots (4.27) \\ &= \frac{1.8275}{18.048} \times 12.3023 \\ &= 1.2475 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

- Combination Load

$$\begin{aligned} Ps &= \sqrt{(PHs \cdot B + PHd \cdot B + Pi)^2 + (PVs \cdot B + PVd \cdot B)^2} \dots\dots (4.28) \\ &= \\ &\sqrt{18.048 \times 15 + 1.8275 \times 15 + 1.83159)^2 + (12.3023 \times 15 + 1.2457 \times 15)^2} \\ &= 362.321 \text{ tf} \end{aligned}$$

Dimana B : Lebar Pintu = 15m

$$Ps^1 = \frac{Ps}{B} \dots\dots\dots (4.29)$$

$$= \frac{362.321}{15}$$

$$= 24.154 \text{ tf/m}$$

4.9.4 Momen Reaksi Force dan Defleksi

Upper Arm

$$RA = \frac{\sin \theta^2}{\sin \theta} \cdot P \dots\dots\dots (4.30)$$

$$= \frac{\sin 5.77^2}{\sin 10.77} \times 20.351$$

$$= 10.948 \text{ tf/m}$$

Tower Arm

$$RB = \frac{\sin \theta^1}{\sin \theta} \cdot P \dots\dots\dots (4.31)$$

$$= \frac{\sin 5}{\sin 10.77} \times 20.351$$

$$= 9.491 \text{ tf/m}$$

4.9.5 Pemilihan Material Baja

1) Main Girder

1.upper main girder (material : SM490Y)

no	thickness	breadth	A	Y	A.Y	A.Y^2	lo
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ⁴)
1	0.8	24.8	19.84	0.4	8	3	1
2	0.7	98.2	68.74	49.9	3430	171163	55240
3	0.8	24.8	19.84	99.4	1972	196026	1
	Σ		108.42		5410	367192	55242

Jarak dari neutral axis ke edge

$$e1 = \frac{\Sigma A \cdot Y}{\Sigma A} = \frac{5410}{108.42} = 49.9 \text{ cm} \dots\dots\dots (4.32)$$

$$e2 = 99.8 - 49.9 = 49.90 \text{ cm}$$

Momen Inersia

$$Ix = \Sigma A \cdot Y^2 + \Sigma I_o - e1^2 \cdot \Sigma A \dots\dots\dots (4.33)$$

$$= 367192 + 55242 + 49.9^2 \times 108.42$$

$$= 152467 \text{ cm}^4$$

2.lower main girder (material : SM490Y)

• X-X AXIS

no	thickness (cm)	breadth (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	A.Y (cm ³)	A.Y ² (cm ⁴)	lo (cm ⁴)
1	1.4	49.8	69.72	0.7	49	34	11
2	0.7	97	67.9	49.9	3388	169072	53239
3	0.7	97	67.9	49.9	3388	169072	53239
4	1.4	49.8	69.72	99.1	6909	684707	11
	Σ		275.24		13734	1022885	106500

Jarak dari neutral axis ke edge

$$e1 = \frac{\Sigma A \cdot Y}{\Sigma A} = \frac{13734}{275.24} = 49.9 \text{ cm}$$

$$e2 = 99.8 - 49.9 = 49.90 \text{ cm}$$

Momen Inersia

$$\begin{aligned} I_x &= \Sigma A \cdot Y^2 + \Sigma I_o - e1^2 \cdot \Sigma A \\ &= 102285 + 106500 + 49.9^2 \times 275.24 \\ &= 444035 \end{aligned}$$

no	thickness (cm)	breadth (cm)	A (cm ²)	X (cm)	A.X (cm ³)	A.X ² (cm ⁴)	lo (cm ⁴)
1	1.4	49.8	69.72	24.9	1736	43227	14409
2	0.7	97	67.9	1.35	92	124	3
3	0.7	97	67.9	40.05	2719	108912	3
4	1.4	49.8	69.72	24.9	1736	43227	14409
	Σ		275.24		6283	195490	28824

• Y – Y Axis

Jarak dari neutral axis ke edge

$$\begin{aligned} e1 &= \frac{\Sigma A \cdot Y}{\Sigma A} = \frac{6283}{275.24} = 22.83 \text{ cm} \\ e2 &= 49.8 - 22.83 = 49.90 \text{ cm} \end{aligned}$$

Momen Inersia

$$\begin{aligned} I_x &= \Sigma A \cdot Y^2 + \Sigma I_o - e1^2 \cdot \Sigma A \\ &= 195490 + 28824 + 22.83^2 \times 275.24 = 80856 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

2)ARM upper and lower main arm (material : SM490Y)

1)X-X AXIS

no	thickness (cm)	breadth (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	A.Y (cm ³)	A.Y ² (cm ⁴)	lo (cm ⁴)
1	2.5	24.8	62	1.25	78	97	32
2	1.5	49.8	74.7	27.4	2047	56082	15438
3	2.5	24.8	62	53.5	3320	177791	32
Σ			198.7		5445	233970	15502

Jarak dari neutral axis ke edge

$$e1 = \frac{\Sigma A \cdot X}{\Sigma A} = \frac{5445}{198.7} = 27.4 \text{ cm}$$

$$e2 = 54.8 - 27.4 = 27.4 \text{ cm}$$

Momen Inersia

$$\begin{aligned}
 Ix &= \Sigma A \cdot X^2 + \Sigma lo - e1^2 \cdot \Sigma A \\
 &= 233970 + 15502 + 27.4^2 \times 198.7 \\
 &= 100296 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

2) Y-Y AXIS

no	thickness (cm)	breadth (cm)	A (cm ²)	X (cm)	A.X (cm ³)	A.X ² (cm ⁴)	lo (cm ⁴)
1	2.5	24.8	62	12.4	769	9533	3178
2	1.5	49.8	74.7	12.4	926	11486	14
3	2.5	24.8	62	12.4	769	9533	3178
	Σ		198.7		2464	30552	6370

Jarak dari neutral axis ke edge

$$e1 = \frac{\Sigma A.Y}{\Sigma A} = \frac{2464}{198.7} = 12.4 \text{ cm}$$

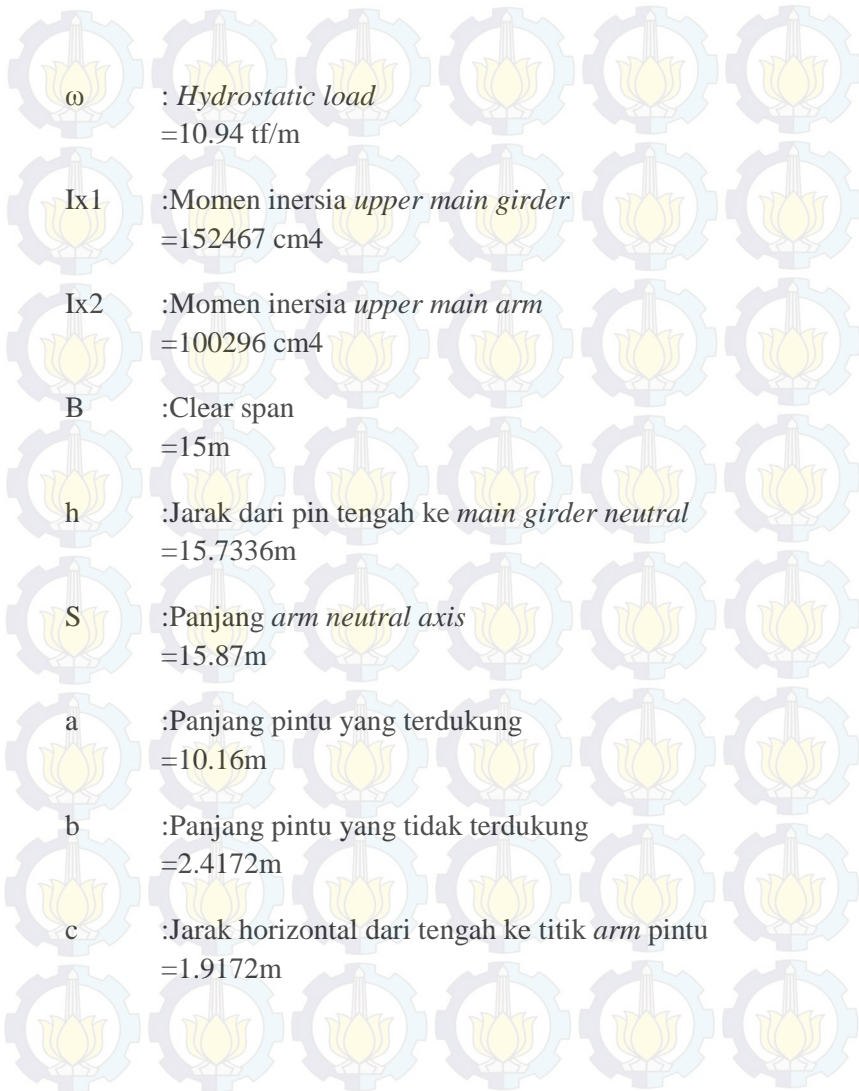
$$e2 = 24.8 - 12.4 = 12.4 \text{ cm}$$

Momen Inersia

$$I_x = \Sigma A.Y^2 + \Sigma lo - e1^2.\Sigma A$$

$$= 30552 + 6370 + 12.4^2 \times 198.7$$

$$= 6370 \text{ cm}^4$$



ω	: <i>Hydrostatic load</i> =10.94 tf/m
I_{x1}	: Momen inersia <i>upper main girder</i> =152467 cm ⁴
I_{x2}	: Momen inersia <i>upper main arm</i> =100296 cm ⁴
B	: Clear span =15m
h	: Jarak dari pin tengah ke <i>main girder neutral</i> =15.7336m
S	: Panjang <i>arm neutral axis</i> =15.87m
a	: Panjang pintu yang terdukung =10.16m
b	: Panjang pintu yang tidak terdukung =2.4172m
c	: Jarak horizontal dari tengah ke titik <i>arm</i> pintu =1.9172m

1. Sectional Load

1) Rigidity Ratio

$$KS = \frac{Ix1 . S}{Ix2 . a} \dots\dots\dots (4.34)$$

$$KS = \frac{152467 \times 15.87}{100296 \times 10,16}$$

2) Bending Momen

$$a) \quad MAB = \frac{\omega . (a^2 - 6.b^2)}{12 . (ks + 2)} \dots\dots\dots (4.35)$$

$$MAB = \frac{10.94 \times (10.16^2 - 6 \times 2.4172^2)}{12 . (2.37 + 2)}$$

$$= 14.22 \text{ tf.m}$$

b) Bending Momen di B.C point

$$MBA = -2 . MAB \dots\dots\dots (4.36)$$

$$MBA = -2 \times (14.22)$$

$$= -28.44 \text{ tf.m}$$

$$MBC = -\frac{\omega \cdot (a^2 + 3 \cdot ks \cdot b^2)}{6 \cdot (ks + 2)} \dots\dots\dots (4.37)$$

$$MBC = -\frac{10.94 \times (10.16^2 + 3 \times 2.37 \cdot 2.4172^2)}{6 \cdot (2.37 + 2)}$$

$$= -60.40 \text{ tf.m}$$

$$MBE = -\frac{\omega \cdot b^2}{2} \dots\dots\dots (4.38)$$

$$MBE = -\frac{10.94 \cdot 2.4172^2}{2}$$

$$= -31.96 \text{ tf.m}$$

c) Bending Momen di G point

$$MG = \frac{\omega \cdot a^2}{8} + MBC \dots\dots\dots (4.39)$$

$$MG = \frac{10.94 \cdot 10.16^2}{8} + (-60.40)$$

3) *Vertical Force*

$$V1 = \frac{\omega \cdot B}{2} \dots\dots\dots (4.40)$$

$$V1 = \frac{10.94 \cdot 15}{2}$$

$$= 82.05 \text{ tf.m}$$

4) *Horizontal Force*

$$H1 = V1 \cdot \frac{c}{h} + \frac{\omega \cdot (a^2 - 6b^2)}{4 \cdot (ks + 2) \cdot h} \dots\dots\dots (4.41)$$

$$H1 = 82.05 \cdot \frac{1.9172}{15.7336}$$

$$+ \frac{10.94 \times (10.16^2 - 6 \times 2.4172^2)}{4 \cdot (2.37 + 2) \cdot 15.7336}$$

$$= 10.046 \text{ tf}$$

5) Axial Compressive Force dari arm

$$N1 = \frac{1}{S} \cdot (V1 \cdot h + H1 \cdot C) \dots\dots\dots (4.42)$$

$$N1 = \frac{1}{15.87} \cdot (82.05 \times 15.7336 + 10.046 \cdot 1.9172)$$

$$= 82.55 \text{ tf}$$

6) Shering Force

a) Shering Force Antara A ke B

$$Q_{AB} = \frac{M_{AB} - M_{BA}}{S} \dots\dots\dots (4.43)$$

$$Q_{AB} = \frac{14.22 + (-28.44)}{15.87}$$

$$=-0.89 \text{ tf}$$

b) *Shearing Force di B point*

$$QBG = \frac{\omega \cdot a}{2} \dots\dots\dots (4.44)$$

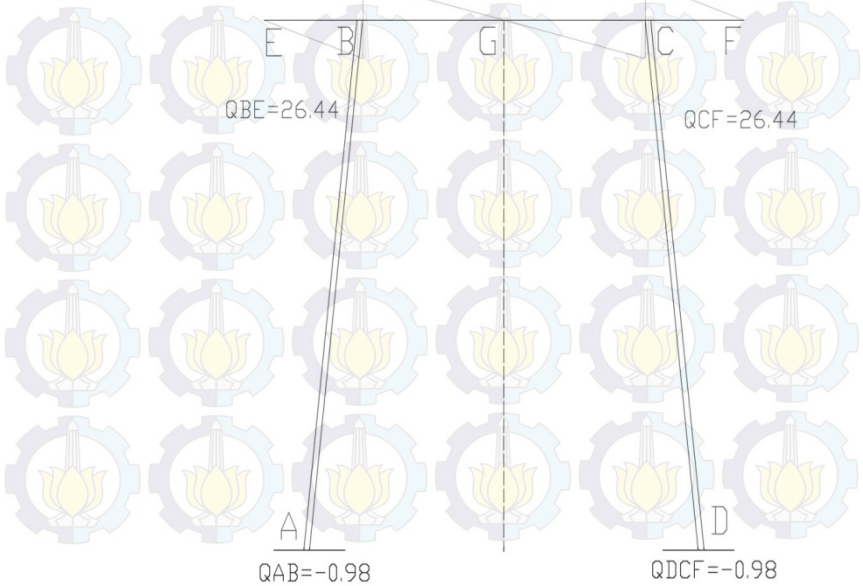
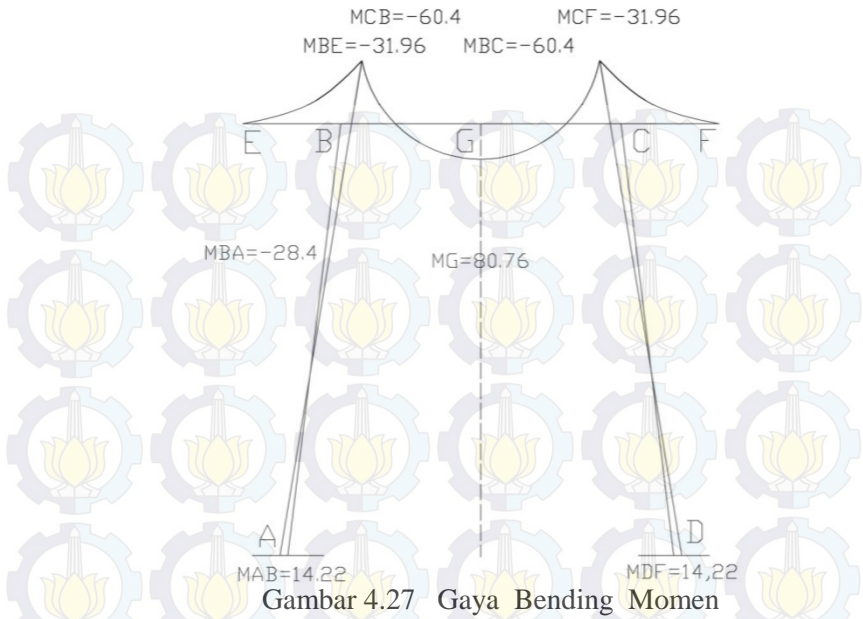
$$QBG = \frac{10.94 \times 10.16}{2}$$

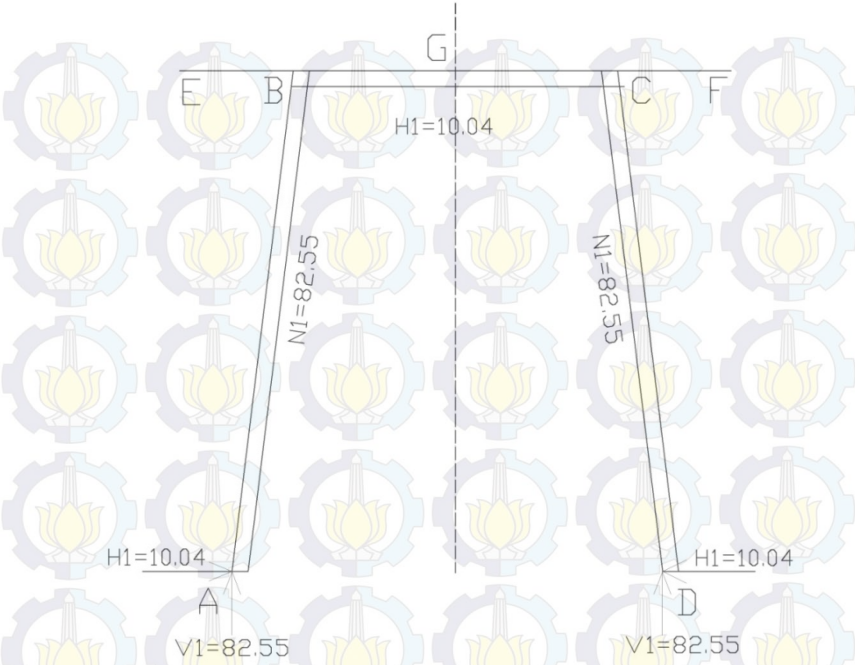
$$=59.258 \text{ tf}$$

$$QBE = \omega \cdot b \dots\dots\dots (4.45)$$

$$QBE = 10.94 \times 2.4172$$

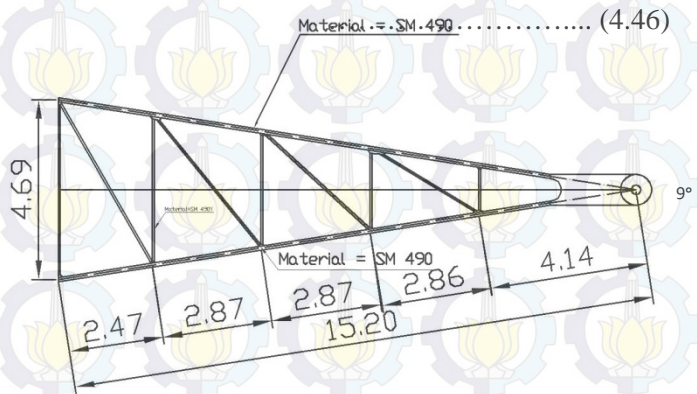
$$= 26.444 \text{ tf}$$





Gambar 4.29 *Comprasive Force*

4.11 Perhitungan Sudut Lengan

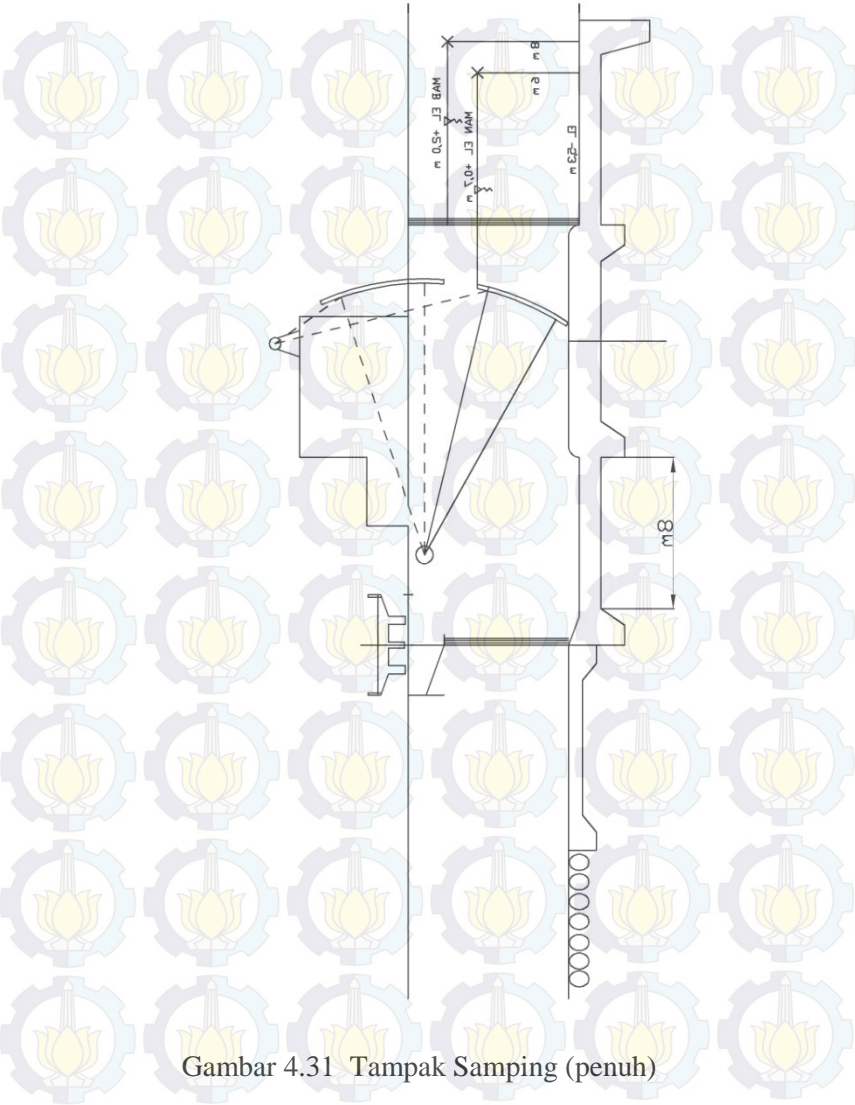


Gambar 4.30 Dimensi Lengan Pintu

$$\theta = \sin^{-1} \frac{h \cdot \sin \alpha}{s}$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{15.7336 \times \sin 9^\circ}{15.87}$$

$$= 8.9^\circ$$



Gambar 4.31 Tampak Samping (penuh)

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari uraian secara umum dan perhitungan secara teknis pada bab – bab sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Debit yang akan di rencanakan dengan menggunakan Q_{main} Channel sebesar $861.6 \text{ m}^3/\text{det}$ dan Q_{banjir} sebesar $2530 \text{ m}^3/\text{det}$, Dari analisa *Manning* dan *Chezy* didapat debit *main channel* sebesar $861.6 \text{ m}^3/\text{det}$ berada di EL + 0.6 m di titik 36 dan debit maksimal yang dapat melewati saluran sebesar $2823.37 \text{ m}^3/\text{det}$ berada di EL +2.00 m dititik 36 dengan elevasi tanggul EL + 2.2 m.
- 2) Pada analisa hidrolika didapatkan perencanaan sebagai berikut:
 - a).Type pintu : *Radial gate*
 - b).Tinggi pintu : 6.0 m
 - c). Lebar pintu : 15.0 m
 - d). Jumlah pintu : 9 pintu
 - e).Elevasi puncak pintu : + 0.70 m
 - f). Lebar pilar : 3.30 m
 - g).Type kolam olakan : Kolam olakan USBR Type III
 - h).Panjang kolam olakan : 8.0 m
- 3) Simulasi bukaan pintu menggunakan program HEC-RAS, dengan percobaan tiap grup pintu dan percobaan semua grup pintu pada Q 50 dan Q normal, pada Q normal dilakukan percobaan bukaan pintu sebanyak 3 dan 4 dengan masing-masih bukaan yang berbeda pada tiap grup pintu, pada Q50 dilakukan percobaan bukaan pintu sebanyak 9 pintu dengan bukaan yang berbeda pada tiap grup pintu.

- 4) Desain pintu radial pada bendung gerak sembayat memiliki sudut $\theta 58^\circ$, tinggi pilar 10.1m dari dasar sungai, lebar pilar 3,3m dan pajang pilar 20m. Panjang lengan total 15.73m dengan material baja SM490Y.

5.2 Saran

Tugas Akhir ini masih bisa dikembangkan lagi untuk studi lanjut antara lain sebagai berikut

1. Sebagaimana diketahui bahwa desain asli dari Bendung Gerak Sembayat menggunakan pintu vertikal berjumlah 7 pintu dengan lebar 20 m. Hal ini dapat dilakukan perbandingan simulasi bukaan pintu dan besar gaya yang bekerja pada pintu antara desain lama dengan desain baru. Dengan ini akan memberikan tambahan manfaat bagi pelaksana proyek bendung gerak.
2. Simulasi masih bisa dikembangkan dalam hal penggerusan (*local scouring*) yang terjadi di pilar bendung gerak.

DAFTAR PUSTAKA

Bengawan Solo River Basin Management Board , (2008), “*Detail Design For Sembayat Barrage of Lower Solo River Basin Improvement Project Phase-2, Volume I, Main Report*”
Jakarta: Bengawan Solo River Basin Management Board
Flood Control and River Improvement Phase II Project

Chow Ven Te ,(1985), “Hidrolika Saluran Terbuka” , Erlangga, Jakarta.

Detail Design on Bojonegoro Barrage of Lower Solo River Basin Improvement Project (2003),”*Volume II, Supporting Report, Annex-I, Design Calculation Report*” Flood Control and Coast Protection Project,

Hendeson F. M., (1996), “Open Channel Flow”, Macmillan, New York

Munson Bruce R., Donald F. Young, (2005), “Mekanika Fluida 2”, Erlangga, Jakarta

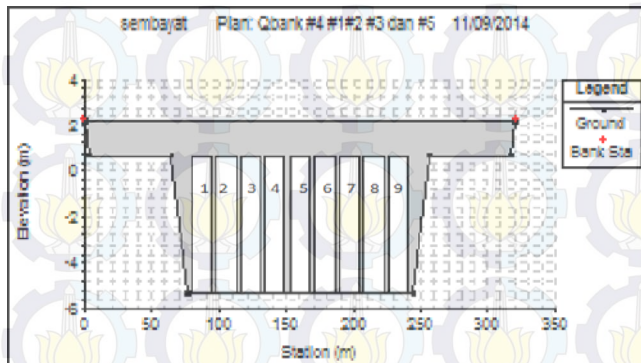
Richard H. French ,(1987) , “Open-Channel Hydrolics” , McGraw Hill, Singapore

Smith, (1978), “Hydraulic Structures”, University of Saskatchewan Printing, Saskatoon Canada

Triatmodjo Bambang, (1994), “Hidrolika 1” , Beta Offset, Yogyakarta.

LAMPIRAN :

1. DATA SIMULASI BUKAAN PERCOBAAN 9 PINTU DENGAN KONDISI DEBIT *MAIN CHANNEL* MENGGUNAKAN HEC-RAS



Dengan penomoran pintu :

Simulasi grup pintu

Grup 1 = 1 dan 9

Grup 2 = 2 dan 8

Grup 3 = 3 dan 7

Grup 4 = 4 dan 6

Grup 5 = 5

Inline Structure Output

File Type Options Help

River: bengawan solo Profile: Qbankful Gate Group: Gate #1

Reach: smbyt RS: 17.5 Plan: 9 gate

Plan: 9 gate bengawan solo smbyt RS: 17.5 Gate Group: Gate #1 Profile: Qbankful

E.G. Elev (m)	0.55	Q Gates (m ³ /s)	861.00
W.S. Elev (m)	0.51	Q Gate Group (m ³ /s)	707.40
Q Total (m ³ /s)	861.00	Gate Open Ht (m)	6.00
Q Weir (m ³ /s)		Gate #Open	2
Weir Flow Area (m ²)		Gate Area (m ²)	87.20
Weir Sta Lft (m)		Gate Submerg	0.55
Weir Sta Rgt (m)		Gate Invert (m)	-5.30
Weir Max Depth (m)		Gate Weir Coef (m)	0.92
Weir Avg Depth (m)			
Weir Submerg			
Min EI Weir Flow (m)	2.20		
Wt Top Width (m)			

Errors, Warnings and Notes

Select opening

Grup #1

Inline Structure Output

File Type Options Help

River: Profile: Gate Group:

Reach: RS: Plan:

Plan: 9 gate bengawan solo smbyt RS: 17.5 Gate Group: Gate #2 Profile: Qbankful			
E.G. Elev (m)	0.55	Q Gates (m3/s)	861.00
W.S. Elev (m)	0.51	Q Gate Group (m3/s)	153.60
Q Total (m3/s)	861.00	Gate Open Ht (m)	0.80
Q Weir (m3/s)		Gate #Open	2
Weir Flow Area (m2)		Gate Area (m2)	11.95
Weir Sta Lft (m)		Gate Submerg	0.55
Weir Sta Rgt (m)		Gate Invert (m)	-5.30
Weir Max Depth (m)		Gate Weir Coef (m)	
Weir Avg Depth (m)			
Weir Submerg			
Min El Weir Flow (m)	2.20		
W'r Top W'dth (m)			

Errors, Warnings and Notes

Select opening

Grup #2

Inline Structure Output

File Type Options Help

River: Profile: Gate Group:

Reach: RS: Plan:

Plan: 9 gate bengawan solo smbyt RS: 17.5 Gate Group: Gate #3 Profile: Qbankful			
E.G. Elev (m)	0.55	Q Gates (m3/s)	861.00
W.S. Elev (m)	0.51	Q Gate Group (m3/s)	
Q Total (m3/s)	861.00	Gate Open Ht (m)	0.00
Q Weir (m3/s)		Gate #Open	0
Weir Flow Area (m2)		Gate Area (m2)	
Weir Sta Lft (m)		Gate Submerg	
Weir Sta Rgt (m)		Gate Invert (m)	-5.30
Weir Max Depth (m)		Gate Weir Coef (m)	0.92
Weir Avg Depth (m)			
Weir Submerg			
Min El Weir Flow (m)	2.20		
W'r Top W'dth (m)			

Errors, Warnings and Notes

Select opening

Grup #3

Inline Structure Output

File Type Options Help

River: bengawan solo Profile: Qbankful Gate Group: Gate #4

Reach: smbyt RS: 17.5 Plan: 9 gate

Plan: 9 gate bengawan solo smbyt RS: 17.5 Gate Group: Gate #4 Profile: Qbankful			
E.G. Elev (m)	0.55	Q Gates (m3/s)	861.00
W.S. Elev (m)	0.51	Q Gate Group (m3/s)	
Q Total (m3/s)	861.00	Gate Open Ht (m)	0.00
Q Weir (m3/s)		Gate #Open	0
Weir Flow Area (m2)		Gate Area (m2)	
Weir Sta Lit (m)		Gate Submerg	
Weir Sta Rgt (m)		Gate Invert (m)	-5.30
Weir Max Depth (m)		Gate Weir Coef (m)	
Weir Avg Depth (m)			
Weir Submerg			
Min El Weir Flow (m)	2.20		
Wr Top Width (m)			

Errors, Warnings and Notes

Select opening

Grup #4

Inline Structure Output

File Type Options Help

River: bengawan solo Profile: Qbankful Gate Group: Gate #5

Reach: smbyt RS: 17.5 Plan: 9 gate

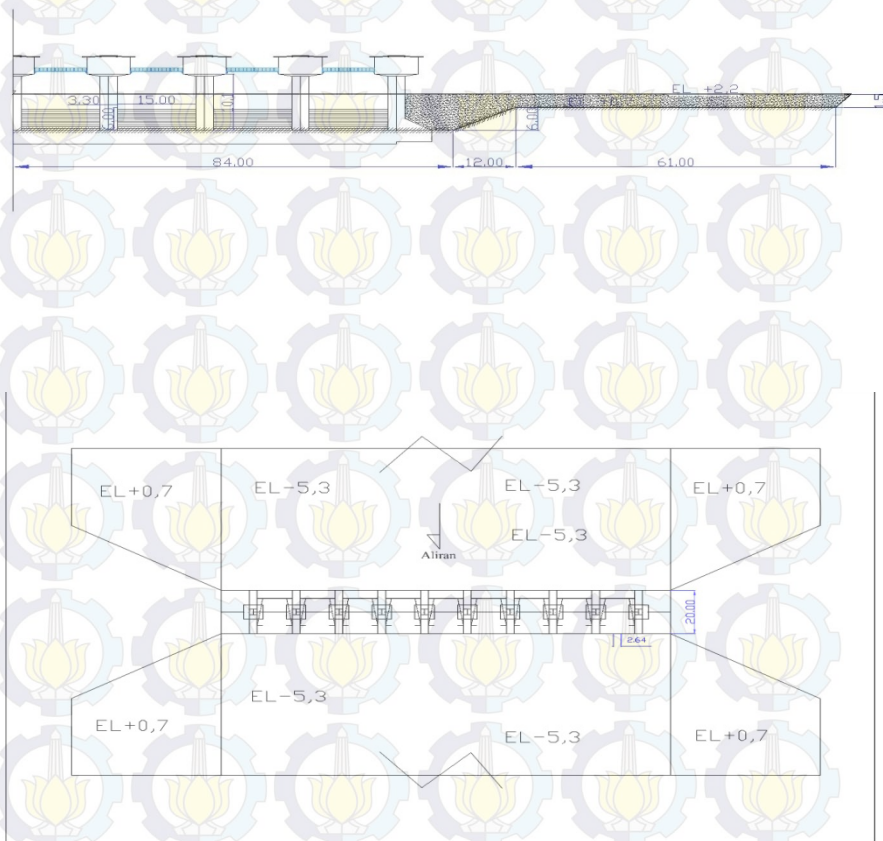
Plan: 9 gate bengawan solo smbyt RS: 17.5 Gate Group: Gate #5 Profile: Qbankful			
E.G. Elev (m)	0.55	Q Gates (m3/s)	861.00
W.S. Elev (m)	0.51	Q Gate Group (m3/s)	
Q Total (m3/s)	861.00	Gate Open Ht (m)	0.00
Q Weir (m3/s)		Gate #Open	0
Weir Flow Area (m2)		Gate Area (m2)	
Weir Sta Lit (m)		Gate Submerg	
Weir Sta Rgt (m)		Gate Invert (m)	-5.30
Weir Max Depth (m)		Gate Weir Coef (m)	0.00
Weir Avg Depth (m)			
Weir Submerg			
Min El Weir Flow (m)	2.20		
Wr Top Width (m)			

Errors, Warnings and Notes

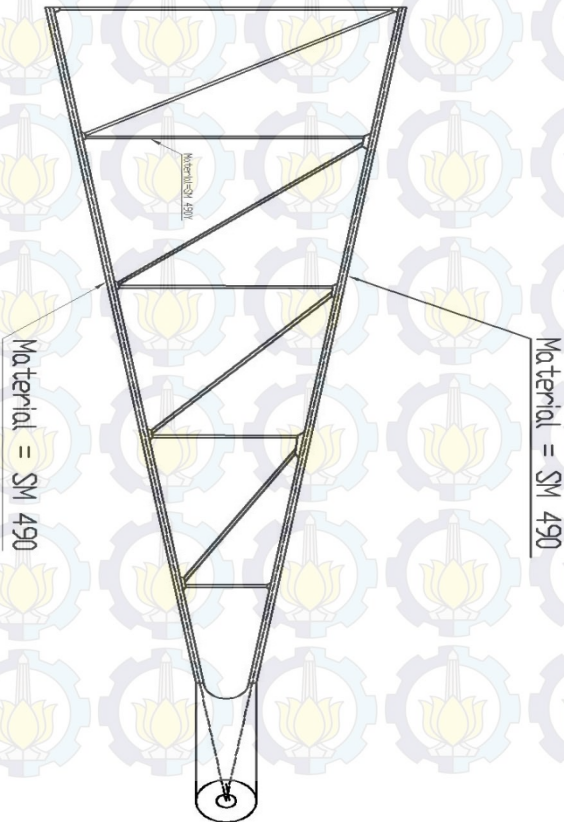
Select opening

Grup #5

2. TAMPAK DEPAN



4. MATERIAL PINTU



5. RATING CUVRE MAIN CHANNEL

LEBAR RATA2	168					
S	0.00004					
N	0.025					
Z	2					
H	A	P	R	C	V	Q
0.1	16.82	168.4472	0.099853	18.61023653	0.037193151	0.915849
0.2	33.68	168.8944	0.199415	25.07612882	0.070822111	2.90826
0.3	50.58	169.3416	0.298686	29.63399147	0.102430119	5.717579
0.4	67.52	169.7889	0.39767	33.23210845	0.132540779	9.237148
0.5	84.5	170.2361	0.49637	36.23215737	0.161445801	13.4014
0.6	101.52	170.6833	0.594786	38.81704255	0.189335806	18.16416
0.7	118.58	171.1305	0.692922	41.09399243	0.216346738	23.49042
0.8	135.68	171.5777	0.790779	43.13199861	0.242581157	29.35232
0.9	152.82	172.0249	0.88836	44.97840741	0.26811955	35.72696
1	170	172.4721	0.985666	46.66729208	0.293026965	42.59503
1.1	187.22	172.9193	1.082701	48.22408684	0.317357183	49.93994
1.2	204.48	173.3666	1.179466	49.6683366	0.341155486	57.74723
1.3	221.78	173.8138	1.275963	51.01542001	0.364460573	66.00414
1.4	239.12	174.261	1.372195	52.27767759	0.387305928	74.69927

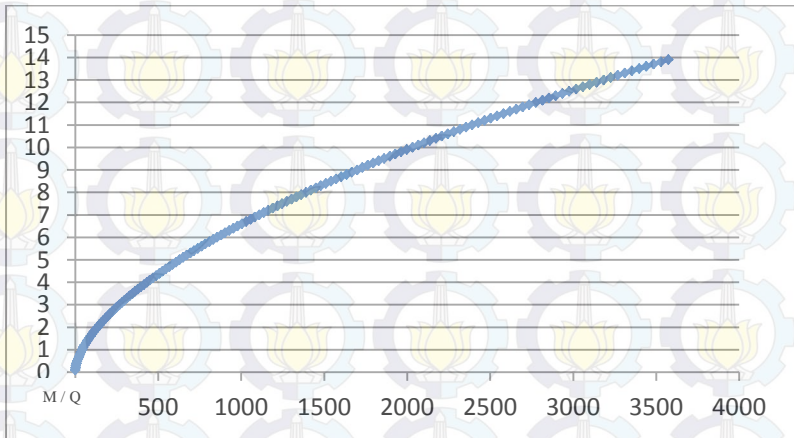
1.5	256.5	174.7082	1.468162	53.46517753	0.40972083	83.8224
1.6	273.92	175.1554	1.563868	54.58625151	0.431731117	93.36423
1.7	291.38	175.6026	1.659315	55.64787952	0.453359766	103.3163
1.8	308.88	176.0498	1.754503	56.65597233	0.474627354	113.6709
1.9	326.42	176.4971	1.849436	57.61558295	0.495552419	124.4208
2	344	176.9443	1.944115	58.53106773	0.516151756	135.5594
2.1	361.62	177.3915	2.038542	59.4062108	0.536440654	147.0807
2.2	379.28	177.8387	2.132719	60.24432168	0.556433091	158.9787
2.3	396.98	178.2859	2.226648	61.04831262	0.576141899	171.2483
2.4	414.72	178.7331	2.320331	61.82076068	0.595578901	183.8844
2.5	432.5	179.1803	2.413769	62.56395799	0.614755028	196.8823
2.6	450.32	179.6276	2.506965	63.27995283	0.633680412	210.2374
2.7	468.18	180.0748	2.59992	63.97058346	0.652364478	223.9458
2.8	486.08	180.522	2.692636	64.63750631	0.670816011	238.0032
2.9	504.02	180.9692	2.785115	65.2822194	0.689043222	252.4061
3	522	181.4164	2.877358	65.90608223	0.707053801	267.1508
3.1	540.02	181.8636	2.969368	66.51033247	0.724854967	282.2339
3.2	558.08	182.3108	3.061146	67.09610029	0.742453509	297.6522
3.3	576.18	182.758	3.152693	67.6644206	0.759855824	313.4026
3.4	594.32	183.2053	3.244012	68.21624352	0.77706795	329.4822
3.5	612.5	183.6525	3.335103	68.75244352	0.794095594	345.8881
3.6	630.72	184.0997	3.42597	69.2738273	0.810944162	362.6177
3.7	648.98	184.5469	3.516613	69.7811407	0.827618778	379.6683
3.8	667.28	184.9941	3.607034	70.27507467	0.844124309	397.0375
3.9	685.62	185.4413	3.697234	70.75627062	0.860465381	414.723
4	704	185.8885	3.787216	71.22532506	0.876646398	432.7224
4.1	722.42	186.3358	3.87698	71.68279371	0.892671557	451.0335
4.2	740.88	186.783	3.966529	72.12919519	0.908544865	469.6542
4.3	759.38	187.2302	4.055863	72.56501426	0.924270145	488.5826

4.4	777.92	187.6774	4.144985	72.99070468	0.939851056	507.8166
4.5	796.5	188.1246	4.233896	73.40669189	0.955291097	527.3544
4.6	815.12	188.5718	4.322597	73.81337526	0.970593621	547.194
4.7	833.78	189.019	4.41109	74.21113023	0.985761842	567.3339
4.8	852.48	189.4663	4.499376	74.60031017	1.000798845	587.7722
4.9	871.22	189.9135	4.587458	74.98124809	1.015707593	608.5074
5	890	190.3607	4.675335	75.35425819	1.030490932	629.5378
5.1	908.82	190.8079	4.763011	75.71963724	1.0451516	650.862
5.2	927.68	191.2551	4.850485	76.07766585	1.059692234	672.4783
5.3	946.58	191.7023	4.93776	76.42860963	1.074115372	694.3855
5.4	965.52	192.1495	5.024837	76.77272025	1.08842346	716.582
5.5	984.5	192.5967	5.111717	77.1102364	1.102618858	739.0666
5.6	1003.52	193.044	5.198401	77.44138464	1.116703843	761.8379
5.7	1022.58	193.4912	5.284892	77.76638024	1.130680615	784.8947
5.8	1041.68	193.9384	5.37119	78.08542793	1.144551297	808.2357
5.9	1060.82	194.3856	5.457297	78.39872252	1.158317944	831.8597
6	1080	194.8328	5.543214	78.7064496	1.171982541	855.7656
6.1	1099.22	195.28	5.628942	79.00878606	1.185547011	879.9523
6.2	1118.48	195.7272	5.714483	79.30590066	1.199013214	904.4186
6.3	1137.78	196.1745	5.799838	79.59795449	1.212382954	929.1636
6.4	1157.12	196.6217	5.885007	79.88510146	1.225657978	954.1861
6.5	1176.5	197.0689	5.969994	80.16748869	1.238839979	979.4851
6.6	1195.92	197.5161	6.054798	80.44525691	1.251930601	1005.06
6.7	1215.38	197.9633	6.13942	80.71854086	1.264931439	1030.909
6.8	1234.88	198.4105	6.223863	80.98746957	1.277844039	1057.032
6.9	1254.42	198.8577	6.308128	81.2521667	1.290669905	1083.428
7	1274	199.305	6.392214	81.51275084	1.303410499	1110.095
7.1	1293.62	199.7522	6.476125	81.76933578	1.316067239	1137.034
7.2	1313.28	200.1994	6.559861	82.02203077	1.328641507	1164.243

7.3	1332.98	200.6466	6.643422	82.27094073	1.341134644	1191.722
7.4	1352.72	201.0938	6.726811	82.5161665	1.353547957	1219.469
7.5	1372.5	201.541	6.810028	82.75780507	1.365882718	1247.484
7.6	1392.32	201.9882	6.893075	82.9959497	1.378140165	1275.766
7.7	1412.18	202.4354	6.975952	83.23069018	1.390321503	1304.315
7.8	1432.08	202.8827	7.058661	83.46211298	1.402427907	1333.129
7.9	1452.02	203.3299	7.141203	83.69030137	1.414460522	1362.208
8	1472	203.7771	7.22358	83.91533565	1.426420465	1391.552
8.1	1492.02	204.2243	7.305791	84.13729322	1.438308824	1421.159
8.2	1512.08	204.6715	7.387838	84.35624874	1.45012666	1451.03
8.3	1532.18	205.1187	7.469723	84.57227427	1.46187501	1481.163
8.4	1552.32	205.5659	7.551445	84.7854394	1.473554883	1511.557
8.5	1572.5	206.0132	7.633008	84.9958113	1.485167268	1542.213
8.6	1592.72	206.4604	7.71441	85.20345491	1.496713128	1573.13
8.7	1612.98	206.9076	7.795654	85.40843296	1.508193404	1604.307
8.8	1633.28	207.3548	7.876741	85.61080614	1.519609015	1635.743
8.9	1653.62	207.802	7.957671	85.81063313	1.530960861	1667.438
9	1674	208.2492	8.038445	86.00797073	1.542249819	1699.392
9.1	1694.42	208.6964	8.119065	86.20287389	1.553476749	1731.603
9.2	1714.88	209.1437	8.199532	86.39539584	1.564642489	1764.072
9.3	1735.38	209.5909	8.279846	86.58558813	1.575747862	1796.799
9.4	1755.92	210.0381	8.360008	86.77350072	1.58679367	1829.781
9.5	1776.5	210.4853	8.44002	86.95918201	1.597780699	1863.02
9.6	1797.12	210.9325	8.519882	87.14267893	1.60870972	1896.514
9.7	1817.78	211.3797	8.599595	87.32403701	1.619581485	1930.264
9.8	1838.48	211.8269	8.679161	87.5033004	1.630396731	1964.268
9.9	1859.22	212.2741	8.75858	87.68051195	1.641156181	1998.526
10	1880	212.7214	8.837853	87.85571325	1.651860542	2033.039
10.1	1900.82	213.1686	8.91698	88.02894469	1.662510506	2067.805

10.2	1921.68	213.6158	8.995964	88.20024548	1.673106753	2102.824
10.3	1942.58	214.063	9.074805	88.36965373	1.683649948	2138.096
10.4	1963.52	214.5102	9.153504	88.53720646	1.694140744	2173.62
10.5	1984.5	214.9574	9.232061	88.70293965	1.704579778	2209.396
10.6	2005.52	215.4046	9.310477	88.86688829	1.714967679	2245.424
10.7	2026.58	215.8519	9.388754	89.02908639	1.725305061	2281.703
10.8	2047.68	216.2991	9.466892	89.18956706	1.735592526	2318.233
10.9	2068.82	216.7463	9.544893	89.34836249	1.745830667	2355.013
11	2090	217.1935	9.622756	89.505504	1.756020064	2392.044
11.1	2111.22	217.6407	9.700483	89.66102211	1.766161285	2429.326
11.2	2132.48	218.0879	9.778075	89.81494651	1.776254891	2466.856
11.3	2153.78	218.5351	9.855532	89.96730611	1.786301428	2504.636
11.4	2175.12	218.9823	9.932855	90.11812907	1.796301437	2542.666
11.5	2196.5	219.4296	10.01005	90.26744285	1.806255446	2580.944
11.6	2217.92	219.8768	10.0871	90.41527417	1.816163974	2619.471
11.7	2239.38	220.324	10.16403	90.56164911	1.82602753	2658.246
11.8	2260.88	220.7712	10.24083	90.70659307	1.835846617	2697.269
11.9	2282.42	221.2184	10.3175	90.85013082	1.845621726	2736.54
12	2304	221.6656	10.39403	90.99228653	1.855353334	2776.058
12.1	2325.62	222.1128	10.47044	91.13308377	1.865041935	2815.824
12.2	2347.28	222.5601	10.54673	91.27254553	1.874687977	2855.836
12.3	2368.98	223.0073	10.62288	91.41069424	1.884291926	2896.096
12.4	2390.72	223.4545	10.69891	91.5475518	1.893854233	2936.602
12.5	2412.5	223.9017	10.77482	91.68313961	1.903375341	2977.355
12.6	2434.32	224.3489	10.8506	91.81747851	1.912855687	3018.354
12.7	2456.18	224.7961	10.92626	91.95058891	1.922295699	3059.598
12.8	2478.08	225.2433	11.00179	92.0824907	1.931695799	3101.089
12.9	2500.02	225.6906	11.0772	92.21320334	1.941056402	3142.825
13	2522	226.1378	11.15249	92.34274581	1.950377916	3184.807

13.1	2544.02	226.585	11.22766	92.47113671	1.959660743	3227.033
13.2	2566.08	227.0322	11.30271	92.59839415	1.968905278	3269.505
13.3	2588.18	227.4794	11.37765	92.7245359	1.978111909	3312.222
13.4	2610.32	227.9266	11.45246	92.84957929	1.987281019	3355.183
13.5	2632.5	228.3738	11.52715	92.97354127	1.996412985	3398.389
13.6	2654.72	228.821	11.60173	93.09643844	2.005508177	3441.839
13.7	2676.98	229.2683	11.67619	93.21828701	2.01456696	3485.533
13.8	2699.28	229.7155	11.75054	93.33910286	2.023589694	3529.472
13.9	2721.62	230.1627	11.82477	93.45890152	2.032576732	3573.654



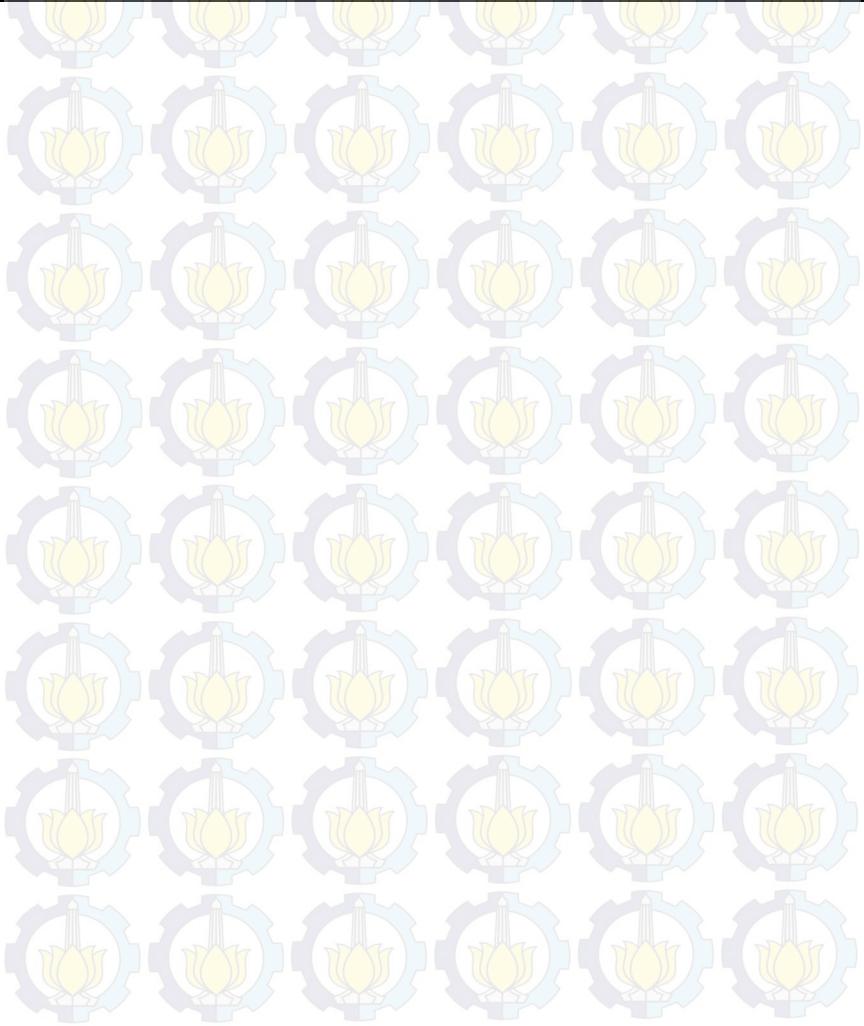
Grafik Rating Curve

6. SIMULASI BUKAAN SATU PINTU

	R	15.734	m					
	a	10.1	m					
	g	9.81						
	y1	8	m					
	lebar eff	14.88	m					
NO	W	Cc	Y2	W/R	Cd	q(m ² /det/m)	v	Q(14.88m)
1	0.2	0.665	0.133	0.012712	0.6	0.995599812	7.485713	14.814525
2	0.4	0.665	0.266	0.025423	0.6	1.982836769	7.454274	29.504611
3	0.6	0.665	0.399	0.038135	0.6	2.961657738	7.422701	44.069467
4	0.8	0.665	0.532	0.050847	0.6	3.932008682	7.390994	58.508289
5	1	0.665	0.665	0.063558	0.6	4.893834627	7.35915	72.820259
6	1.2	0.665	0.798	0.07627	0.6	5.847079645	7.327167	87.004545
7	1.4	0.665	0.931	0.088982	0.6	6.791686821	7.295045	101.0603
8	1.6	0.665	1.064	0.101693	0.6	7.727598233	7.26278	114.98666

9	1.8	0.665	1.197	0.114405	0.6	8.510509	7.109865	126.63637
10	2	0.665	1.33	0.127116	0.6	9.413545221	7.077854	140.07355
11	2.2	0.665	1.463	0.139828	0.6	10.30785348	7.045696	153.38086
12	2.4	0.665	1.596	0.15254	0.6	11.19337255	7.013391	166.55738
13	2.6	0.665	1.729	0.165251	0.6	12.07004006	6.980937	179.6022
14	2.8	0.665	1.862	0.177963	0.6	12.93779247	6.948331	192.51435
15	3	0.665	1.995	0.190675	0.6	13.79656502	6.915571	205.29289
16	3.2	0.665	2.128	0.203386	0.6	14.64629169	6.882656	217.93682
17	3.4	0.665	2.261	0.216098	0.6	15.48690518	6.849582	230.44515
18	3.6	0.665	2.394	0.22881	0.6	16.31833689	6.816348	242.81685
19	3.8	0.665	2.527	0.241521	0.6	17.1405168	6.782951	255.05089
20	4	0.665	2.66	0.254233	0.6	17.95337353	6.749389	267.1462
21	4.2	0.665	2.793	0.266945	0.6	18.75683422	6.715659	279.10169
22	4.4	0.665	2.926	0.279656	0.6	19.55082451	6.681758	290.91627
23	4.6	0.665	3.059	0.292368	0.6	20.33526849	6.647685	302.5888
24	4.8	0.665	3.192	0.30508	0.6	20.03669433	6.613612	314.2614
25	5	0.665	3.325	0.317791	0.6	20.76290727	6.579539	325.9340
26	5.2	0.665	3.458	0.330503	0.6	21.47983386	6.545466	337.6066
27	5.4	0.665	3.591	0.343215	0.6	22.18739566	6.511393	349.2792
28	5.6	0.665	3.724	0.355926	0.6	22.88551252	6.477320	360.9518
29	5.8	0.665	3.857	0.368638	0.6	23.57410248	6.443247	372.6244
30	6	0.665	3.99	0.381349	0.6	24.25308172	6.409174	384.2970
31	6.2	0.665	4.123	0.394061	0.6	24.92236452	6.375101	395.9696
32	6.4	0.665	4.256	0.406773	0.6	25.58186315	6.341028	407.6422
33	6.6	0.665	4.389	0.419484	0.6	26.23148783	6.306955	419.3148
34	6.8	0.665	4.522	0.432196	0.6	26.87114664	6.272882	430.9874
35	7	0.665	4.655	0.444908	0.6	27.50074544	6.238809	442.6600
36	7.2	0.665	4.788	0.457619	0.6	28.12018781	6.204736	454.3326
37	7.4	0.665	4.921	0.470331	0.6	28.72937492	6.170663	466.0052

38	7.6	0.665	5.054	0.483043	0.6	29.32820547	5.802969	436.4037
39	7.8	0.665	5.187	0.495754	0.6	29.91657558	5.767607	445.15864
40	8	0.665	5.32	0.508466	0.6	30.4943787	5.732026	453.75636



RIWAYAT HIDUP PENULIS



FAJRY WIDYANTO, lahir pada 11 Desember 1991 di Surabaya – Jawa Timur sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Ir. Eko Subekti, Dipl.HE dan Afina Merda Pitaloka, SPsi. Setelah menempuh pendidikan formal di SDN Kleco I Surakarta, SMP Muhammadiyah 5 Pucang Surabaya dan SMAN 17 Surabaya, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di S1 Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2010. Pada akhir masa pendidikannya,

Penulis terpilih untuk mengerjakan tugas akhir di bidang Hidroteknik. Dibawah bimbingan Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., MSc penulis mengambil topik mengenai bendung gerak. (Barrage)

Dengan ketuntan, motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha keras, penulis telah berhasil menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan dibidang Teknik Sipil

Data Pribadi Penulis :

Nama : Fajry Widyanto

Alamat : JL.Kendangsari G/2 Surabaya

Tlpn/HP: 031 8417284 / 081259286811

Email : fajrywidyanto@gmail.com